



FACULTAD DE INGENIERÍA Y COMPUTACIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“Revisión bibliográfica sobre el uso del
plástico como un nuevo material en
fabricación de bloques de concreto para la
industria de la construcción”**

Presentado por:

Gaby Gabriela Galindo Gonzales

Para optar el grado académico de Bachiller en:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Orientador: “M. Sc. Danny Pamela Tupayachy Quispe”

Arequipa, “Setiembre de 2018”

***REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE EL USO DEL PLÁSTICO
COMO UN NUEVO MATERIAL EN FABRICACIÓN DE BLOQUES
DE CONCRETO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN***

***BIBLIOGRAPHICAL REVISION ON THE USE OF PLASTIC AS A
NEW MATERIAL IN MANUFACTURE OF CONCRETE BLOCKS
FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY***

Dedicatoria

Dedico el desarrollo de este trabajo de investigación a mis padres Secundino y Gaby, quienes son mi principal fuente de motivación para siempre salir adelante, por acompañarme y apoyarme en las decisiones que tomo y sobre todo el amor que me dan.

Agradecimientos

En primer lugar, le doy gracias a Dios por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida. Agradezco también la confianza y el apoyo de mis padres, a mi orientadora la Ingeniera Pamela Tupayachy Quispe por su constante guía en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito describir las metodologías para el uso de plástico como adición al concreto para la fabricación de bloques, de tal manera que contribuya a la innovación en la reutilización de este material en la industria de la construcción aplicado al ámbito regional. En la ciudad de Arequipa, según el inventario de emisiones atmosféricas realizado por Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) en el 2003, la industria ladrillera (ladrilleras mecanizadas e informales) constituye la fuente de mayor emisión de contaminantes estacionarios, aportando el 40% del total de estas emisiones. PRAL. (2009). Los bloques de concreto en Arequipa, son poco utilizados en construcción de viviendas, ya que en la mayoría de casos es usado el ladrillo de arcilla, debido a la disponibilidad en el mercado de diferentes marcas y en grandes cantidades, sin embargo, empresas locales producen bloques de concreto, teniendo este en su forma convencional (sin adiciones), otros beneficios en comparación al ladrillo de arcilla.

Se estudiarán las unidades de albañilería y sus pruebas según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que es el reglamento que rige los materiales, procesos constructivos, criterios de diseño tanto para obras de construcción como de habilitación urbana en el Perú, el PET, el concreto, los bloques de concreto convencionales, así como los bloques de concreto adicionados.

El plástico reciclado forma parte de los componentes para los bloques de concreto adicionados, por tal motivo se realizará el estudio de sus características y propiedades, clasificación, así como los antecedentes bibliográficos. Por último, la descripción de los recursos para su fabricación y el procesamiento, también forman parte importante del presente estudio.

En la presente investigación se utilizarán fuentes bibliográficas basados en artículos referente al tema en estudio. Se realizará el análisis bibliométrico, tomando 20 referencias mínimas, teniendo como criterio de búsquedas las palabras clave, definiciones. Para obtener la(s) metodología (s) de proceso, se realizará un análisis de cada artículo referente a los objetivos requeridos con el fin de obtener un comparativo de metodologías e interpretación de resultados de cada autor, la metodología a desarrollar será la revisión bibliográfica.

PALABRAS CLAVE

Bloques de concreto, bloques de concreto con adición de plástico PET, plástico reciclado.

ABSTRACT

The purpose of this project is to describe the methodologies for the use of plastic as an addition to concrete for the manufacture of blocks, in such a way that it contributes to innovation in the reuse of this material in the construction industry applied to the regional scope. In the city of Arequipa, according to the inventory of atmospheric emissions made by the National Environment Council (CONAM) in 2003, the brick industry (mechanized and informal brick kilns) is the source of the highest emission of stationary pollutants, contributing 40% of the total of these emissions. PRAL. (2009). The concrete blocks in Arequipa, are little used in housing construction, since in most cases clay brick is used, due to the availability in the market of different brands and in large quantities, however, local companies produce concrete blocks, taking this in its conventional form (without additions), other benefits compared to clay brick.

The masonry units and their tests will be studied according to the National Building Regulations (RNE), which is the regulation that governs the materials, construction processes, design criteria for both construction and urban enablement in Peru, PET, the concrete, the conventional concrete blocks, as well as the added concrete blocks.

The recycled plastic is part of the components for the added concrete blocks, for this reason the study of its characteristics and properties, classification, as well as the bibliographic background will be carried out. Finally, the description of the resources for its manufacture and processing are also an important part of this study.

In the present investigation, bibliographic sources based on articles referring to the subject under study will be used. The bibliometric analysis will be carried out, taking 20 minimum references, having as keywords the criteria, definitions. In order to obtain the process methodology (s), an analysis of each article will be carried out regarding the required objectives in order to obtain a comparative methodologies and interpretation of results of each author, the methodology to be developed will be the bibliographic review

KEYWORDS

Concrete blocks, concrete blocks with addition of plastic PET, recycled plastic.

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
LISTA DE TABLAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
CAPÍTULO I	14
INTRODUCCIÓN	14
1.1 Descripción del problema de investigación.....	17
1.1.1 Formulación del Problema (Interrogante principal).....	18
1.1.2 Sistematización del problema (Interrogantes secundarias)	18
1.2 Objetivos de la investigación	19
1.2.1 Objetivo general	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 Justificación.....	19
1.3.1 Justificación práctica	19
1.4 Delimitación.....	20
1.4.1 Temporal	20
1.4.2 Temática.....	20
1.5 Resumen de la estructura capitular de la tesis.....	20
CAPÍTULO II.....	22
REFERENCIAL TEÓRICO	22
2 Marco Teórico-Conceptual	22
2.1 Normativa peruana y referencias internacionales.....	22
2.1.1 Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).....	22
2.1.2 Norma Técnica Peruana (NTP)	23
2.1.3 Manual de Ensayo de Materiales MTC	23
2.1.4 American Society for Testing and Materials (ASTM).....	23
2.1.5 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ..	23
2.1.6 American Concrete Institute (ACI)	24
2.2 Unidades de albañilería	24
2.2.1 Definición según el RNE.....	24

2.2.2	Albañilería y Tipos de albañilería	24
2.2.3	Clasificación para fines estructurales	25
2.2.4	Limitaciones para el uso de unidades	25
2.2.5	Muestro y pruebas	26
2.2.6	Alabeo	26
2.2.7	Variación dimensional.....	26
2.2.8	Resistencia a la compresión	26
2.2.9	Absorción	27
2.2.10	Aceptación de la unidad	27
2.3	El concreto	27
2.3.1	Componentes del Concreto	28
2.3.2	Ensayos al cemento	28
2.3.3	Ensayos al agregado: grueso y fino	31
2.3.4	Ensayos al concreto en estado fresco	36
2.3.5	Ensayos al concreto en estado endurecido	39
2.4	La construcción y el uso de materiales.....	39
2.4.1	La tecnología de los materiales	41
2.5	Bloques de concreto	41
2.6	Bloques de concreto adicionados	43
2.7	El plástico reciclado: características y propiedades	44
2.8	Antecedentes bibliográficos: Plástico adicionado al concreto	46
2.9	Hipótesis.....	52
CAPÍTULO III		53
MÉTODO DE INVESTIGACIÓN		53
3.1	Descripción del objeto de estudio	53
3.2	Unidad de análisis	53
3.3	Descripción del tipo de investigación	53
3.4	Descripción de los instrumentos de investigación.....	53
3.4.1	Recolección de datos	53
3.4.2	Análisis de datos.....	54
3.4.3	Operacionalización de las variables del modelo conceptual	55
3.5	Descripción de metodologías para bloques de concreto con PET reciclado	57
3.5.1	Clasificación del PET	57
3.5.2	Propiedades del PET	58

3.5.3	Usos del PET aplicados a la construcción.....	59
3.5.4	Métodos de procesamiento y reciclaje del PET	60
3.5.5	Diseño de mezclas y porcentaje de adición de PET para concretos.....	69
3.5.6	Ensayos de mortero con PET adicionado.....	81
3.5.7	Métodos de fabricación de ladrillos y adoquines con PET reciclado.....	81
3.5.8	Propiedades y ensayos a ladrillos y adoquines de cemento con PET.....	83
3.5.9	Métodos de fabricación de bloques de concreto con PET.....	85
3.5.10	Propiedades y ensayos a bloques de concreto con PET	89
3.6	Análisis de ventajas, desventajas y limitaciones del método.	102
CAPÍTULO IV.....		104
DIAGNÓSTICO DE RESULTADOS SEGÚN FUENTES BIBLIOGRÁFICAS		104
4.1	Comparativo de metodologías.....	104
4.2	CONCLUSIONES	123
4.3	RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		127

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	25
Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales.....	25
Tabla 2.	26
Limitaciones del uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	26
Tabla 3.	32
Cantidad mínima de muestra de agregado grueso	32
Tabla 4.	45
Inspección visual de los tipos de plástico.....	45
Tabla 5.	45
Densidad de los tipos de plástico.....	45
Tabla 6.	45
Flotabilidad de los tipos de plástico	45
Tabla 7.	46
Características de los tipos de plástico	46
Tabla 8.	55
Matriz de consistencia	55
Tabla 9.	65
Selección de copos de plástico de una planta de reciclaje.....	65
Tabla 10.	65
Selección de copos de plástico molidos por una procesadora de plástico rectificadora.....	65
Tabla 11.	66
Descripción de las escamas de plástico reciclado	66
Tabla 12.	72
Propiedades de los agregados con los diferentes materiales	72
Tabla 13.	73
Proporciones de diseño de mezclas para 1 m ³	73
Tabla 14.	82
Proporciones de cemento y PET.....	82
Tabla 15.	88
Cantidades de gravilla, cemento y plástico utilizado.	88
Tabla 16.	89
Peso específico de mampuestos.....	89
Tabla 17.	90
Resistencia a la compresión de mampuestos.....	90
Tabla 18.	90
Absorción de agua en mampuestos	90
Tabla 19.	92
Rangos de agregado de plástico adicionado vs resistencia a la compresión	92
Tabla 20.	93
Resultados de los ensayos a los bloques de concreto incorporado y bloques de concreto ordinarios.....	93

Tabla 21.	93
Resumen de autores que utilizaron plástico para bloques de concreto.....	93
Tabla 22.	96
Ensayos a los componentes del concreto.....	96
Tabla 23.	97
Composición química del PET	97
Tabla 24.	98
Variables, indicadores y técnicas.....	98
Tabla 25.	99
Resumen de resultados que influyen en la factibilidad operativa.	99
Tabla 26.	100
Propiedades de los materiales usados en los ensayos.....	100
Tabla 27.	100
Propiedades de los bloques de concreto.	100
Tabla 28.	111
Comparativo de las metodologías utilizadas	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Molde para determinar el asentamiento.	36
Figura 2. Medidor tipo B.	38
Figura 3. Tipos de materiales de construcción.	40
Figura 4. Diferencias de bloques de concreto Vs ladrillos de arcilla.	42
Figura 5. Bloques de concreto comercializados en Arequipa.	43
Figura 6. Agregado grueso de PET.	63
Figura 7. Hojuelas de plástico de la planta de reciclaje (L) y rectificación.	66
Figura 8. Variación de la resistencia a la compresión versus relación agua cemento.	75
Figura 9. Fibra de PET de 60 mm y 2 mm.	77
Figura 10. Fibra de PET de 100 mm y 2 mm.	77
Figura 11. Fibra de PET de 140 mm y 2 mm.	77
Figura 13. Metodología de desarrollo.	94

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción, provoca en la actualidad un gran porcentaje de contaminantes, tanto por la utilización de los materiales y la tecnología usada, como por los desperdicios producidos. La construcción es base para la economía nacional en el que el consumo eléctrico, gases emitidos al medio ambiente e impacto social son muy significativos (Chang et al., 2011). Enshassi1, Kochendoerfer y Rizq. (2014). La industria de la construcción consume año a año muchos recursos, desde su fase inicial hasta las fases de operación y mantenimiento. El 40% de materias primas en el mundo, son destinadas a la construcción. Lo mismo sucede con el 17% de agua potable (WorldGBC, 2008), el 10% de la tierra (UNEP-SBCI,2006) y el 25% de la madera cultivada (WorldGBC, 2008), también es responsable de un 20% de energía consumida durante la construcción en general (UNEP-SBCI,2009). Acevedo, Vásquez y Ramírez. (2012).

Tal es así que, ante ello, las nuevas tecnologías, innovaciones y usos de nuevos materiales cada vez son más frecuentes en esta industria, tanto por el agotamiento y/o el alza de algunos recursos, por la accesibilidad y por el cumplimiento de las leyes medioambientales de cada legislación.

Es tradicional encontrar tanto a nivel regional como nacional pocas innovaciones aplicadas a la tecnología del concreto. A pesar de existir propuestas en tesis de pregrado, post grado, artículos, publicaciones, entre otros documentos que referencien investigaciones, la concretización de dichos proyectos es aún una ardua labor, que por lo menos a nivel regional, puede tomar años para su implementación.

Para la construcción de edificios, se utilizan diversos recursos: materiales, equipos, herramientas, mano de obra. Dentro de los materiales a utilizar principalmente en edificaciones, uno de los elementos a utilizar en las construcciones son las unidades de albañilería, tanto para albañilería armada como para albañilería confinada. Según la Norma E.070 de albañilería. RNE, (2006), las unidades de albañilería están compuestas por ladrillos y bloques de arcilla cocida, concreto o sílice-cal. Las ladrilleras en el proceso de fabricación del ladrillo emiten gases por los procesos de combustión, contaminando el

aire, además de la explotación del suelo para la obtención de la materia prima del ladrillo, depredando la tierra y contaminando el medio ambiente mediante dichos procesos.

Por otro lado, el PET (Tereftalato de polietileno) es un material, que dependiendo de las condiciones en las que se encuentre (fuentes contaminantes), puede llegar a reciclarse hasta 100%. En la actualidad se desechan grandes cantidades de botellas de plástico, envases, bolsas, saquillos, entre otros productos que no son reutilizados, ni reaprovechados. Según estudios de los diferentes artículos que se señalarán en la metodología de investigación, el plástico viene siendo utilizado e investigado en muchos países para su uso en la construcción, debido a su bajo costo, su fácil acceso y buenas propiedades de absorción y liviandad que le brinda al concreto. El concreto tradicional utiliza 04 componentes básicos: Agregado grueso, agregado fino, cemento y agua. Aunque en la actualidad también se considera al aditivo. Las demandas de concreto han escalado cerca de 15 mil millones de toneladas anuales, que necesita consumir aproximadamente 20 mil millones de toneladas de agregado cada año (Wang et al., 2017), y siendo el agregado (fino o grueso) un recurso que tiene que ser extraído del suelo y que es un componente básico para la elaboración del concreto, la falta de este recurso también es un problema que lo afrontan muchos países que no cuentan con suficiente fuente de agregados. La búsqueda de nuevos materiales que reemplacen en diferentes porcentajes tanto al agregado como al cemento, es una larga tarea que tiene como pilar las investigaciones y pruebas.

El enfoque que se le da a la presente investigación, es la propuesta de nuevos elementos para la fabricación de bloques de concreto y su utilización en la industria de la construcción, de manera tal, que contribuya al desarrollo sostenible y promueva la reutilización. Mediante la recopilación de bibliografía, análisis de información, de características, propiedades y procesos adecuados para utilización en bloques de concreto, se propone plantear nuevas propuestas. Se describirán en los capítulos I y II el planteamiento del problema, objetivos de la investigación, justificación, así como la delimitación, revisión bibliográfica de investigaciones previas, marco teórico referencial, hipótesis y el propósito de la investigación. En el capítulo III, se explicará el método de investigación en base a los 20 artículos seleccionados, de los cuales se busca obtener las propiedades, características del plástico reciclado, los métodos de procesamiento del PET, la descripción del proceso de fabricación de bloques de concreto adicionado con PET, características, cantidades y diseño para su fabricación, la descripción del objeto de

estudio, unidad de análisis, descripción del tipo de investigación, instrumentos de investigación, análisis operacional y análisis de ventajas, desventajas y limitaciones del método. Por último, se realizará el análisis de los datos de otras investigaciones realizando un comparativo de todos los autores de artículos, se realizará la interpretación de cada fuente y se determinará las metodologías recomendadas para la ciudad de Arequipa en base a las revisiones bibliográficas.

1.1 Descripción del problema de investigación

El gran impacto del uso de los materiales de construcción en el medio ambiente es un tema crítico en la actualidad. Las edificaciones producen el 33% de las emisiones de CO₂ (WorldGBC, 2008). Asimismo, la construcción es responsable de la generación del 30% de los residuos sólidos mundiales, siendo de gran importancia generar métodos y aplicar prácticas que disminuyan la cantidad de residuos debido al agotamiento del espacio para su adecuada disposición (UNEP-SBCI, 2006). Acevedo, Vásquez y Ramírez. (2012).

En el ámbito nacional en el 2016, se generaron 7'005,576 toneladas de residuos sólidos urbanos, de ese volumen el 18.7% son residuos inorgánicos reciclables con potencial de generar empleo a través de negocios innovadores (papel, cartón, vidrio, plástico PET, plástico duro, tetra-pak, metales y residuos eléctricos y electrónicos-RAEE). Ministerio del Ambiente (2018). Esta información demuestra que en nuestro país no se reaprovecha estos residuos, pudiendo emplearse para innovaciones de recursos, tecnológicas, entre otras. Y que los recursos no reutilizados y acopiados o desechados en lugares como botaderos no autorizados causan gran perjuicio al medio ambiente. El reciclado del plástico describe tres finalidades entre ellas: la reutilización directa, el aprovechamiento como materia prima para nuevos productos y su conversión como combustible o nuevos productos químicos. Reciclado de plástico (2018)

La cantidad de plásticos reciclados ha aumentado cada año. Se estima que los residuos de plástico de Estados Unidos en 2008 fueron de 33,6 millones de toneladas, de las cuales 2,2 millones de toneladas (6,3%) fueron reciclados, 2,6 millones (7,7%) fueron quemadas para producir energía y 28,9 millones de toneladas (86%), fueron a parar a vertederos. En Europa se generaron aproximadamente 25,1 millones de toneladas de plástico, de las cuales se recuperaron el 59,1% (25,1% reciclado y 34,1 recuperado energéticamente) y el 40,9% se llevó a eliminación. García et al (2018)

Por otro lado, el uso de bloques de concreto con composición tradicional: Cemento, agua, agregado grueso y fino y algunas veces aditivo; también genera impacto en el medio ambiente, ya sea desde el uso de sus componentes como el

cemento (impacto en el aire), hasta la extracción de agregados grueso y fino (impacto en el suelo) y su uso en el proceso de fabricación de bloques de concreto.

Arequipa dispone de grandes fuentes y canteras de agregados, así como de puzolana, componente indispensable de cemento, sin embargo, no se plantean tecnologías, o adiciones innovadoras a los materiales de construcción y disminuyan costos de producción. Según la Norma E.070. RNE (2006), indica que los bloques de concreto pueden ser fabricados de manera artesanal o industrial, sin embargo, para su uso y aplicación deben limitarse al cumplimiento pruebas, aceptación de la unidad, limitaciones de fin estructural de acuerdo a las zonas sísmicas. En Arequipa la industria ladrillera (ladrilleras mecanizadas e informales) constituyen la fuente de mayor emisión de contaminantes aportando el 42% del total de emisiones de fuentes estacionarias PRAL (2008). Febres (2017). Es por ello, que esto también genera un problema: La informalidad de las empresas y la falta de industrialización de los procesos.

Tal es así que la propuesta de usar material reciclado como nueva tecnología para bloques de concreto, es uno de los problemas que se pretende abordar, basado en el análisis bibliométrico de artículos científicos.

1.1.1 Formulación del Problema (Interrogante principal)

¿Qué metodologías son las adecuadas para la utilización del plástico reciclado como adición para la fabricación de bloques de concreto, en base a revisión bibliográfica?

1.1.2 Sistematización del problema (Interrogantes secundarias)

1° ¿Qué investigaciones precedentes proporcionarán información sobre el plástico reciclado como adición en la fabricación de bloques de concreto?

2° ¿Qué propiedades y características del plástico reciclado son las adecuadas para determinar su utilización como adición a bloques de concreto adicionado en base a la revisión bibliográfica?

3° ¿Qué rango de porcentajes de plástico reciclado adicionado a los bloques de concreto y en qué presentación (triturado, hojuelas, tiras, entre

otros) será posible recomendar para su uso y aplicación en la ciudad de Arequipa de acuerdo a la revisión bibliográfica?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Describir las metodologías para el uso de plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques en la industria de la construcción a partir de referencias bibliográficas.

1.2.2 Objetivos específicos

1° Recolectar, clasificar y elaborar un diagnóstico en base a las investigaciones precedentes sobre el plástico reciclado como adición en la fabricación de bloques de concreto.

2° Describir las propiedades y características del plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques, en base a revisión bibliográfica.

3° Determinar de acuerdo a referencias bibliográficas el rango de porcentajes recomendados de plástico reciclado adicionado a los bloques de concreto y la presentación (triturado, hojuelas, tiras, entre otros) será posible recomendar para su uso y aplicación en la ciudad de Arequipa.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

Se describirá el material a emplear que es el plástico reciclado, características, propiedades, obtención, proporciones de la adición, así como el desarrollo de las metodologías aplicables para la fabricación de bloques de concreto con plástico reciclado.

1.4 Delimitación

1.4.1 Temporal

El alcance temporal de la investigación está comprendido por un periodo de dos meses, en el presente año académico.

1.4.2 Temática

En la actualidad existe disposición de bibliografía tanto por medio de repositorios de tesis, artículos, revistas indexadas, bibliotecas virtuales, entre otros como base de datos importante para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

1.5 Resumen de la estructura capitular de la tesis

Se Propone la siguiente estructura:

Capítulo I: En este capítulo se describirá el problema que responde a la presente investigación, se plantearán los objetivos: general y específicos, justificación, así como delimitación de la investigación.

Capítulo II: Por medio de revisión bibliográfica y antecedentes se desarrollarán las definiciones necesarias de la investigación, marco teórico como las plasmadas en el RNE, La Norma E.070, unidades de albañilería, tipos, clasificación, muestro y pruebas, el concreto, tecnologías de los materiales, bloques de concreto convencionales, así como adicionados, y plástico reciclado. Antecedentes bibliográficos sobre bloques de concreto adicionado con plástico reciclado. Por último, la hipótesis

Capítulo III: En este capítulo se estructuran y describen los procesos para alcanzar los objetivos planteados, la descripción de las metodologías estudiadas por otros autores, el planteamiento del índice de secuencia para la descripción de metodologías, descripción del objeto de estudio y la unidad de análisis. La descripción del tipo de investigación y los instrumentos. La descripción del paso a paso por medio de la clasificación, análisis bibliográfico. Por último, se analizarán las ventajas, desventajas y limitaciones del método de revisión bibliográfica.

Capítulo IV: Se realizará el diagnóstico de los datos de los 20 artículos en estudio, teniendo como base los objetivos planteados y la solución a la problemática descrita. Mediante un cuadro comparativo se realiza dicho análisis basándose en criterios como: propósito del estudio, ensayos realizados, normas utilizadas, método de procesamiento del PET, metodologías utilizadas para los bloques de concreto adicionado, propiedades, Rangos de % del plástico reciclado como adición a los bloques de concreto.

Por último, se realizarán las conclusiones como respuesta a los objetivos planteados, descripción de las recomendaciones para investigaciones venideras y las fuentes bibliográficas utilizadas.

CAPÍTULO II

REFERENCIAL TEÓRICO

2 Marco Teórico-Conceptual

2.1 Normativa peruana y referencias internacionales

Los ensayos, los materiales, procesos en la industria de la construcción en el Perú, se rigen en cuanto a Normas, Reglamentos y estándares, cuya base son también estándares internacionales normados. A continuación, se describirá brevemente las Normas que se mencionarán para la presente investigación.

2.1.1 Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

Es un documento que rige a todo el país incluidas sus provincias y distritos con pautas y normas para el diseño y la construcción; además de establecer derechos y responsabilidades para los actores de la construcción. Según el artículo 2, de la Norma G.010, esta es una norma que se aplica tanto para el ámbito público y privado y es de uso obligatorio. Son elaboradas por el Gobierno y su incumplimiento es sancionable por Organismos Fiscalizadores. Comprende parámetros de diseño, selección de materiales, muestreo y calidad, proceso y ejecución, seguridad y medio ambiente. RNE (2006). EL Reglamento Nacional de Edificaciones, contiene Normas Técnicas que se tomarán como referencia para el presente estudio como:

- E.030, referente al diseño sismo resistente, parámetros de diseño para las capacidades de soporte del suelo, parámetros para diseños sismo resistentes en todo tipo de construcciones a nivel nacional. RNE (2006).
- E.060, referente al concreto armado, diseño, componentes. El concreto armado se refiere al concreto con sus componentes convencionales incluyendo acero de refuerzo. RNE (2006).
- E.070, referente a la albañilería, tipos de albañilería, diseño, bloques de concreto y unidades de albañilería. RNE (2006).

2.1.2 Norma Técnica Peruana (NTP)

Son documentos que establecen las especificaciones o requisitos de Calidad para la estandarización de los productos, procesos y servicios. Esta Norma es de uso voluntario. INACAL (2016). Existen Normas Técnicas aplicadas a los diferentes componentes del concreto como al cemento, agregado grueso, agregado fino, agua, ensayos para el concreto en estado fresco, para el concreto en estado endurecido, para determinados concretos especiales, entre otros. Se basa en Normas internacionales como ASTM, ACI, ASSHTO, entre otras.

2.1.3 Manual de Ensayo de Materiales MTC

Este es un manual de carácter técnico- normativo aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y que rige a nivel nacional y como parte del RNE es de uso obligatorio a nivel Nacional. Este documento es la actualización del Manual de Materiales para Carreteras (EM. 2000). Este manual también se basa en Normas internacionales como ASTM, ASSHTO, ACI, así como las NTP. Está compuesto por secciones con ensayos a: agregados, cementos y aglomerados, concreto hidráulico, entre otros. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016).

2.1.4 American Society for Testing and Materials (ASTM)

Es una organización de Normas Internacionales, se inició en 189 en EE.UU. Lidera en la definición de materiales, pruebas de las siguientes industrias: Química, construcción, metales, medio ambiente, aceite y gas, energía, manufactura entre otras industrias. ASTM. (s.f.).

Existen Normas aplicables al concreto (estado fresco y endurecido), agregados, cemento, agua, aditivos, entre otros.

2.1.5 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes, es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. A pesar de su nombre, la asociación representa no sólo a las carreteras, sino también al transporte por aire, ferrocarril, agua y transporte público. American Association of State Highway and Transportation Officials

(s.f.). Sin embargo, su uso es a nivel mundial y hace referencia a ensayos en el concreto, cemento, agregados.

2.1.6 American Concrete Institute (ACI)

Es una organización que surgió en los EE. UU, desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al concreto reforzado. Se fundó en 1904. El código de requisitos de edificación para hormigón de estructura (ACI 318) proporciona unos requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de partes de concreto. American Concrete Institute (s.f.). El ACI 318 es muy utilizado en nuestro país para la realización de los diseños de mezclas de concreto, así como a nivel mundial. También se pueden encontrar Criterios para ensayos del concreto en estado fresco y endurecido, así como para otros tipos de concreto.

2.2 Unidades de albañilería

2.2.1 Definición según el RNE

La Norma E.070 de albañilería define a las unidades de albañilería como ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice cal, que a su vez puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. RNE (2006). Dentro de los tipos de unidades de albañilería se encuentran la alveolar, hueca, sólida o maciza, tubular o pandereta, apilable. RNE (2006).

2.2.2 Albañilería y Tipos de albañilería

La albañilería es el material estructural compuesto por unidades de albañilería. RNE (2006).

Los tipos de albañilería pueden ser: reforzada o estructural y no reforzada.

La albañilería no reforzada es aquella que no cumple con los requerimientos mínimos de la E.070. La albañilería reforzada o estructural es aquella que puede ser armada o confinada. La armada se refiere a unidades que contienen un refuerzo interior con varillas de acero y concreto líquido. Por otro lado, la albañilería confinada se refiere a aquella que necesita ser reforzada en todo su perímetro con concreto armado.

2.2.3 Clasificación para fines estructurales

Estas se ciñen para el uso estructural a cumplir con los siguientes ensayos descritos en la tabla expuesta. De la tabla el superíndice (1) se refiere a los bloques usados en la construcción de muros portantes, es decir, aquellos que pueden transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación, los cuales también deben tener continuidad. De la tabla el superíndice (2) se refiere a los bloques usados en la construcción de muros no portantes. Los cuales no transmiten ninguna carga y sólo llevan su propio peso y cargas transversales en su plano.

Tabla 1.

Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales.

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Nota. Recuperado de RNE Norma E.070. 2006.pag 297.

2.2.4 Limitaciones para el uso de unidades

El Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, específicamente la Norma E0.30 de cimentaciones, divide al territorio en zonas sísmicas. Esta tabla se limita a el tipo de unidad de albañilería a usar en cada zona sísmica. Las cuales comprenden las condiciones mínimas, tomando en cuenta que, para el diseño, firmado por un ingeniero civil. RNE (2006).

Tabla 2.

Limitaciones del uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí	Sí	Sí
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Nota. Recuperado de RNE Norma E.070. 2006.pag 298.

2.2.5 Muestro y pruebas

El muestro se realiza por cada 50 millares de unidades, seleccionando sólo 10 unidades, de las cuales se usarán para realizar pruebas de variación dimensional y alabeo, tomando en cuenta las 10 unidades. 5 se utilizarán para realizar pruebas de resistencia a la compresión y 5 para pruebas de absorción. RNE (2006).

2.2.6 Alabeo

Siguiendo lo establecido en la NTP. 339.613, esta prueba busca determinada la concavidad y convexidad de las unidades, realizar su clasificación según la tabla 1.

2.2.7 Variación dimensional

Siguiendo lo establecido en la NTP. 339.613 y 339.604, esta prueba busca realizar las mediciones del largo, alto y ancho de las unidades, realizar su clasificación según la tabla 1.

2.2.8 Resistencia a la compresión

Siguiendo lo establecido en la NTP. 339.613 y 339.604, esta prueba busca realizar pruebas en laboratorio para hallar la resistencia de las unidades (fb), la

cual se obtendrá restando la desviación estándar al valor promedio de la muestra. RNE (2006).

2.2.9 Absorción

Siguiendo lo establecido en la NTP. 339.613 y 339.604.

2.2.10 Aceptación de la unidad

- a. Una muestra con más del 20% de dispersión en los resultados para unidades industriales, o 40 % para artesanales, tiene que ensayarse otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote. RNE (2006)
- b. La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior. RNE (2006)
- c. La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas, que degraden su durabilidad o resistencia. RNE (2006)
- d. El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP. RNE (2006)
- e. La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo. RNE (2006)
- f. La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto portante, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%. RNE (2006)
- g. La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico. RNE (2006)

2.3 El concreto

Según la E.060 del RNE (2006), el concreto comprende la combinación de agua, agregados, cementos, con o sin aditivos. Estos concretos pueden ser: concreto estructural que a su vez se divide en concreto simple y armado, concreto ciclópeo, de peso normal, liviano, pesado. Concreto premezclado, concreto pre esforzado. Los materiales componentes de este deben a su vez ser ensayados y cumplir con criterios de aceptación, almacenaje y calidad.

2.3.1 Componentes del Concreto

Según la Norma E.060 del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) son 04 los componentes del concreto convencional: Cemento, agregado grueso, agregado fino y agua. En la actualidad ya se considera un elemento indispensable el uso de aditivos.

- **Cemento:** Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las calces hidráulicas, las calces aéreas y los yesos. RNE (2006).
- **Agregado grueso:** Agregado retenido en el tamiz N°4, proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. RNE (2006).
- **Agregado fino:** Material granular que puede ser natural o artificial que pasa el tamiz 3/8". RNE (2006).
- **Agua:** Debe ser de preferencia potable, sin embargo, de no serlo, se pueden utilizar bajo ciertas excepciones mencionadas en la Norma E.060. RNE (2006).
- **Aditivos:** Material diferente al agua, de los cementos y agregados que se puede añadir al concreto antes o después de su mezcla a fin de modificar las propiedades del mismo. RNE (2006).

2.3.2 Ensayos al cemento

Existen diferentes ensayos al cemento, que menciona La NTP, MTC, sin embargo, sólo se describirán los ensayos que estén dentro del alcance de los ensayos de la presente investigación:

- Finura del Cemento por medio de la malla n°200:
 - Normativas:
 - ASTM C 184 – 94 Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by the 150- μ m (No. 100) and 75- μ m (No. 200) Sieves.
 - AASHTO T 128 – 92 Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by the No. 100 (150- μ m) and N° 200 (75- μ m) Sieves.

- Procedimiento:

Se toma 50 gramos de cemento, se pasa por la malla n° 200 entre 5 a 10 minutos, se tapa el tamiz y se pesa la muestra de cemento retenida en el tamiz n° 200. MTC E 604 (2016)

- Cálculo:

$$F = \frac{R}{50} \times 100$$

Donde:

F: Finura del cemento, expresada como el porcentaje en peso del residuo que no pasa el tamiz n°200.

R: Peso del retenido que no pasa el tamiz n° 200. En gramos.

- Consistencia Normal del Cemento

- Normativas

- NTP 334.006:2003 CEMENTOS: Determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico utilizando la aguja de Vicat.
- ASTM C 187 – 98: “Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement”
- AASHTO: T 129 – 88: Normal Consistency of Hydraulic Cement.

- Procedimiento

Para este ensayo se utiliza la aguja de vicat y consiste en colocar agua al cemento hasta formar una pasta para que permita la penetración de 10+/- 1 mm del émbolo del equipo de vicat, después de 30 segundos de concluida su preparación. MTC E 605 (2016)

- Cálculos

La cantidad de agua requerida para obtener una pasta normal, se calcula con el % del peso del cemento seco. MTC E 605 (2016)

- Tiempo de fraguado del cemento Portland (Método de Vicat)

- Normativas

- NTP 334.006:2003 CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico utilizando la aguja de Vicat.
 - NTP 334.009:2002 CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos.
 - ASTM C 191 – 2001a: CEMENTOS. Standard Test Method for time of setting of Hydraulic Cement by Vicat needle.
 - AASHTO: T 131 - 88 Time setting of Hydraulic Cement by Vicat needle
- Procedimiento

Realizar primero la preparación de la pasta de cemento, luego llenar el molde del aparato de vicat. Utilizar el aparato de vicat para medir las penetraciones, cada 15 minutos. MTC E 606 (2016)
- Densidad del Cemento Portland (Le Chatelier)
 - Normativa
 - NTP 334.005: 2001 CEMENTOS. Método de Ensayo para determinar la densidad del Cemento Portland.
 - NTP 334.086:1999 CEMENTOS. Método para el análisis químico del cemento Portland.
 - ASTM C 188 – 95: “Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement”.
 - Procedimiento

Llenar el frasco de Le chatelier, luego sumergir el frasco, agregar aproximadamente 64 gramos de cemento, luego colocar el tapón y hacer girar. Debe hacerse la lectura final del frasco, una vez que se haya sumergido en el agua. MTC E 610 (2016)
 - Cálculos

$$Densidad = \frac{Masa\ de\ Cemento\ (g)}{Volumen\ desplazado\ (ml)}$$

2.3.3 Ensayos al agregado: grueso y fino

- Peso Unitario suelto y Compactado

Este ensayo es aplicado tanto para el agregado grueso como para el agregado fino.

- Normativa
 - NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados
- Procedimiento

Se utiliza un recipiente metálico cilíndrico, primero se pesa dicho recipiente y luego se toman dos diámetros y dos alturas para posterior determinar el volumen del molde. MTC E 203 (2016)
- Peso unitario suelto

Se llena el recipiente, dejando caer el agregado a una altura no mayor de 2”, luego pesar. MTC E 203 (2016)
- Peso unitario compactado

Llenar en 3 capas el recipiente y cada capa se debe compactar con 25 golpes en forma de espiral, luego enrazar y pesar. MTC E 203 (2016)
- Cálculos

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

$$M = (G - T) \times F$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado en kg/m³

G: Peso del recipiente más el agregado en kg

T: Peso del recipiente de medida en kg

V: Volumen del recipiente en m³

F: Factor del recipiente de medida en m³.

- Granulometría
 - Normativa
 - NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

- Procedimiento

Para el agregado fino se necesitan 300 gr mínimo de agregado fino. MTC E 204 (2016).

Para agregado grueso se debe secar la cantidad de muestra mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Cantidad mínima de muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Nota. Recuperado de Manual de ensayo de materiales. MTC E 204 (2016).
pág. 304.

Se debe utilizar la serie de tamices normada para cada tipo de agregado, se vierte el agregado por el tamiz inicial, se procede con el tamizado y luego se realizan los pesos de cada tamiz retenido, el peso total del material debe ser igual al peso inicial. MTC E 204 (2016).

- Cálculos

Para los cálculos se debe calcular el porcentaje pasante de cada tamiz, luego los porcentajes acumulados pasantes de cada tamiz y realizar la gráfica de la curva granulométrica de los diámetros de las mallas versus % pasantes acumulados. MTC E 204 (2016).

- Módulo de fineza
 - Cálculos

Este se realiza sumando los porcentajes retenidos, acumulados de cada una de los siguientes tamices y dividiendo la suma entre 100: 150 μm (Nº 100); 300 μm (Nº 50); 600 μm (Nº 30); 1,18 mm (Nº 16); 2,36 mm (Nº 8); 4,75 mm (Nº 4); 9,5 mm (3/8"); 19,0 mm (3/4"); 37,5 mm (1 1/2"); y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1. MTC E 204 (2016).

- Gravedad específica y absorción de agregados finos
 - Normativa
 - NTP 400.022: Peso Específico y absorción del agregado Fino.
 - Procedimiento

Para el peso específico (gravedad específica), se debe secar muestra de 500 gr, se introduce en un frasco y se deja llenar hasta 500 cm³, se debe agitar para eliminar burbujas, se recomienda de unos 15 a 20 minutos.

Luego se toma la temperatura y se llena el frasco hasta la cantidad calibrada.

Remover el contenido del frasco secar en el horno hasta un peso constante, enfriar hasta que este a temperatura ambiente y pesar. MTC E 205 (2016).
 - Cálculos

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

Donde:

Pem: Peso específico de masa

Wo: Peso del aire de la muestra secada al horno, gramos

V: Volumen del frasco en cm³

Va: Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

Donde:

Pe_{sss}: Peso específico de masa saturado con superficie seca

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

Donde:

Pe_a: Peso específico aparente

$$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100$$

Donde:

Ab: Absorción

- Peso específico y absorción de agregados gruesos
 - Normativa
 - NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
 - Procedimiento

Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 horas para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa.

La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. MTC E 206 (2016).
 - Cálculos

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Donde:

Pem: Peso específico de masa

A: Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire.

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Donde:

P_{esss}: Peso específico de masa saturada con superficie seca

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Donde:

P_{ea}: Peso específico aparente

$$Ab(\%) = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Donde:

Ab: Absorción

- Contenido de humedad total de los agregados por secado
 - Normativa
 - NTP 339.185: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
 - Procedimiento

Pesar la muestra húmeda, registrar su peso, luego hacer secar en el horno, hasta un peso constante y registrar su peso.
MTC E 215 (2016).
 - Cálculos

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

Donde:

p: Contenido de humedad expresada en %.

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D: Masa de la muestra seca en gramos.

2.3.4 Ensayos al concreto en estado fresco

- Asentamiento o slump
 - Normativas
 - NTP 339.035 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.
 - AASHTO: T 119M Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
 - ASTM: C 143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

- Procedimiento

Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor a 37,5 mm ($1\frac{1}{2}$ ") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Si el agregado grueso es superior a 37,5 mm ($1\frac{1}{2}$ "), el concreto deberá tamizarse con el tamiz de este tamaño según la norma MTC 701 "Muestras de Concreto Fresco". MTC E 705 (2016).

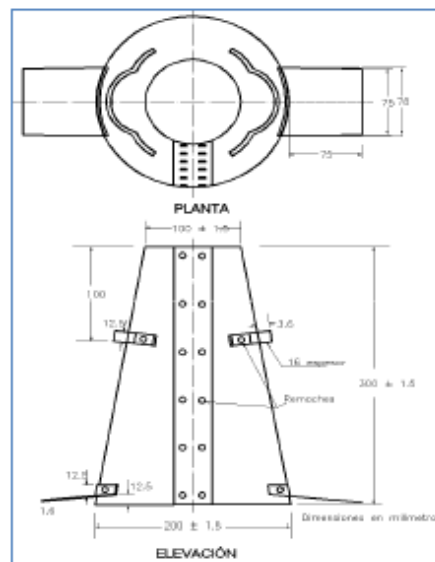


Figura 1. Molde para determinar el asentamiento.
Manual de ensayo de Materiales. MTC (2016). Pág. 802.

- Contenido de aire
 - Normativa
 - NTP 339.083 Método de ensayo normalizado para contenido del aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco por el método de presión.
 - ASTM C 231 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method.
 - AASHTO T 152 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
 - Procedimiento

Se coloca el concreto fresco en la olla de Washington, al que llamaremos el medidor tipo B. Se coloca el concreto en 03 capas, a cada capa se le da 25 golpes, por cada capa se golpea el recipiente suavemente para expulsar los vacíos. luego se enraza, y se coloca la tapa de la olla. Se cierra la válvula entre la cámara y el recipiente (válvula N° 1) y se abren los dos grifos de la cubierta. Con una pera de caucho, se inyecta agua a través de uno de los grifos preferiblemente el A, hasta que el agua salga por el otro. Se golpea suavemente la tapa del medidor para eliminar las burbujas de aire atrapadas. Se cierra la válvula de la cámara (válvula N° 2) y se bombea aire hasta que el puntero del manómetro coincida con la línea de presión inicial. Se dejan transcurrir unos segundos hasta que el aire comprimido llegue a temperatura normal. Se estabiliza el puntero del manómetro en la línea de presión inicial bombeando o dejando escapar aire y golpeándolo suavemente. Se cierran los grifos A y B. Se abre la válvula que comunica la cámara de presión con el recipiente de medida (válvula N° 1). MTC E 706 (2016)

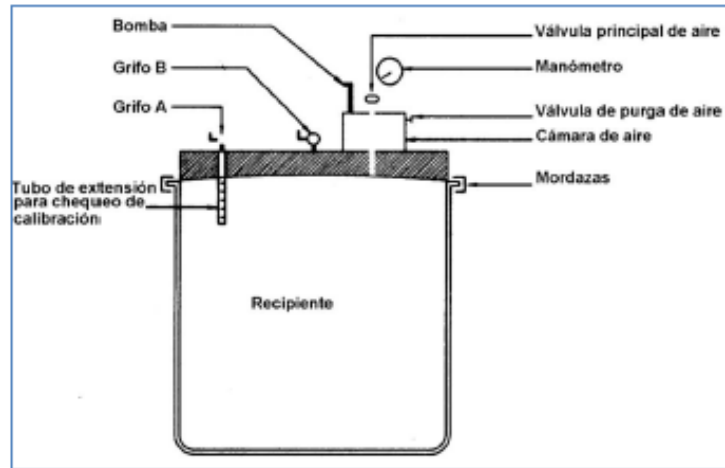


Figura 2. Medidor tipo B Manual de ensayo de Materiales. MTC (2016). Pág. 805.

- **Peso Unitario Volumétrico**
 - **Normativa**
 - NTP 339.046 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.
 - ASTM C 138 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
 - AASHTO T 121 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
 - **Procedimiento**

Se toma los diámetros, alturas y el peso del molde volumétrico. Se llena el molde volumétrico, en 03 capas con concreto fresco, cada capa se da 25 golpes con una varilla, y al final se enraza el molde y se determina su peso. MTC E 714 (2016).
 - **Cálculos**

Se calcula restando en peso del molde al peso del molde más concreto fresco compactado, sobre el volumen del molde.

2.3.5 Ensayos al concreto en estado endurecido

- Resistencia a la compresión
 - Normativas
 - NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 - ASTM C 39- 39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
 - AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

- Procedimiento

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste. MTC E 704 (2016).

2.4 La construcción y el uso de materiales

En la industria de la construcción, los materiales a emplear son parte importante para los procesos, cada material posee de manera intrínseca propiedades y características, que lo hacen utilizables para esta industria y un fin determinado.

Materiales Existen materiales pétreos como piedras y rocas, materiales aglutinantes y aglomerantes como el yeso, la cal, la arcilla, el cemento. Cerámicos, vidrio y refractarios como: el vidrio, baldosas, ladrillos, cerámicos, materiales metálicos, materiales plásticos, materiales compuestos.

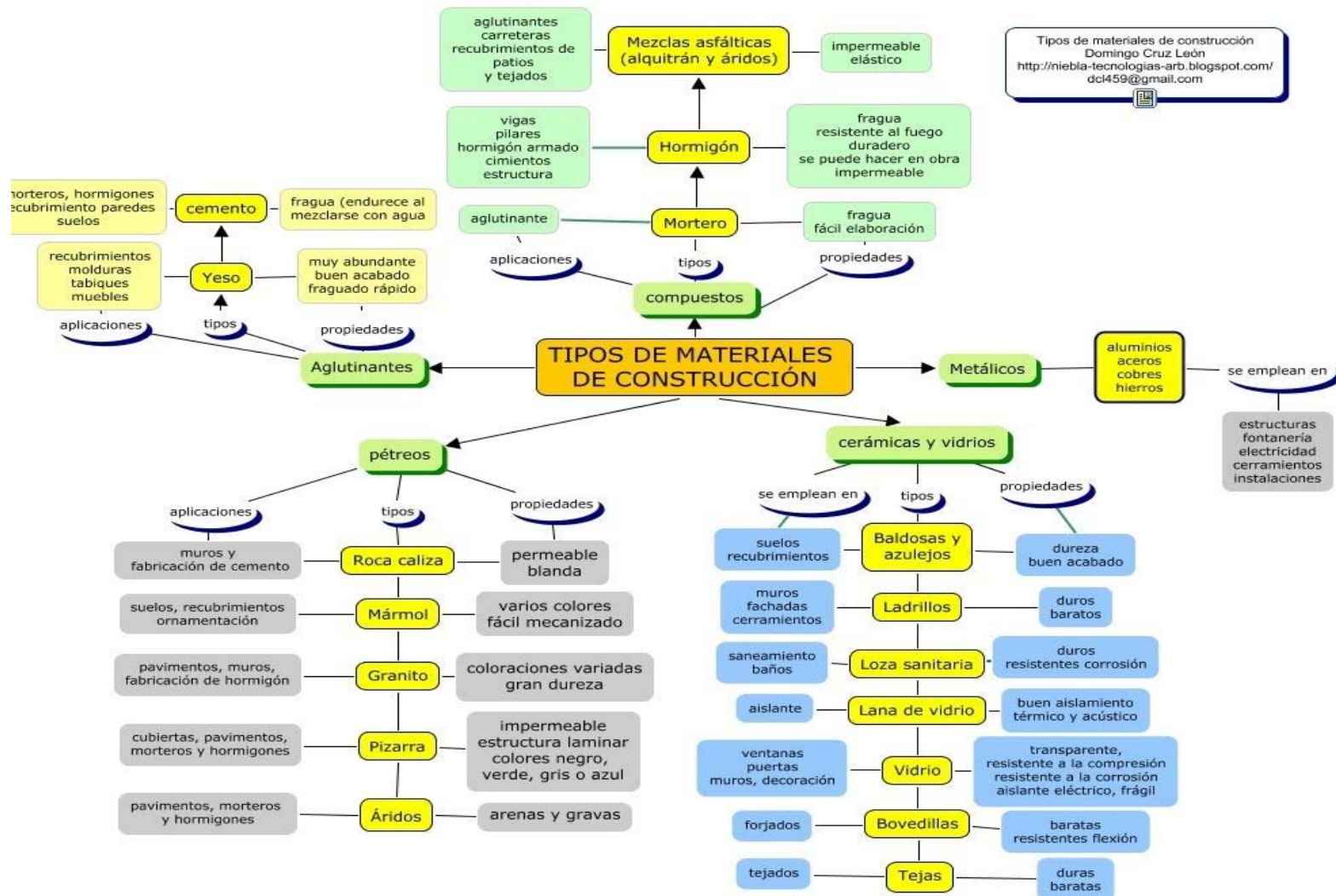


Figura 3. Tipos de materiales de construcción. Recuperado de <http://www.areatecnologia.com>

2.4.1 La tecnología de los materiales

La tecnología de los materiales estudia y analiza las propiedades y características de los materiales, para el caso de los materiales empleados en construcción es importante describir sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, térmicas.

2.5 Bloques de concreto

Los bloques de concreto son elementos modulares, utilizados en la albañilería confinada y armada. Los componentes para dichos bloques son los materiales de que componen también el concreto. La Norma Técnica Peruana 339.005 y la NTP 339.007 establece parámetros para la fabricación de bloques vibra compactados que cumplan con las resistencias aceptadas. En la actualidad estos bloques son utilizados en la construcción de viviendas, edificios, cercos perimétricos, entre otros. Su elaboración es artesanal e industrial. Generalmente el uso artesanal se da en el autoconstrucción, donde no se siguen parámetros de calidad, control y dosificaciones. Así como el cumplimiento con el RNE. Dentro de las ventas establecidas por el uso de estos bloques basados en investigaciones precedentes de Programa Científico P.C-CISMID (2001). Arrieta y Peñaherrera (2011).

- a) La rapidez de fabricación.
- b) La disponibilidad de los elementos que lo componen, que son los mismo del concreto, para bloque convencionales.
- c) La uniformidad de sus caras.
- d) Menos costo por metro cuadrado de muro, basado en sus mayores dimensiones.
- e) Menor cantidad de mortero para el asiento.
- f) Mayor rendimiento debido a la mayor trabajabilidad de los bloques
- g) Ahorro en los revoques y enlucidos, dependiendo del tipo de terminación para la estructura.

Tanto en el mercado nacional con regional, diferentes marcas y empresas distribuyen estos bloques, los usos son tanto para fines estructurales como decorativos. Recalcan el mayor rendimiento por m², ahorro en tiempo de mano de obra. Según investigaciones realizadas por Yura S.A, las diferencias entre bloques de concreto y los de arcilla son las siguientes de la figura 2.

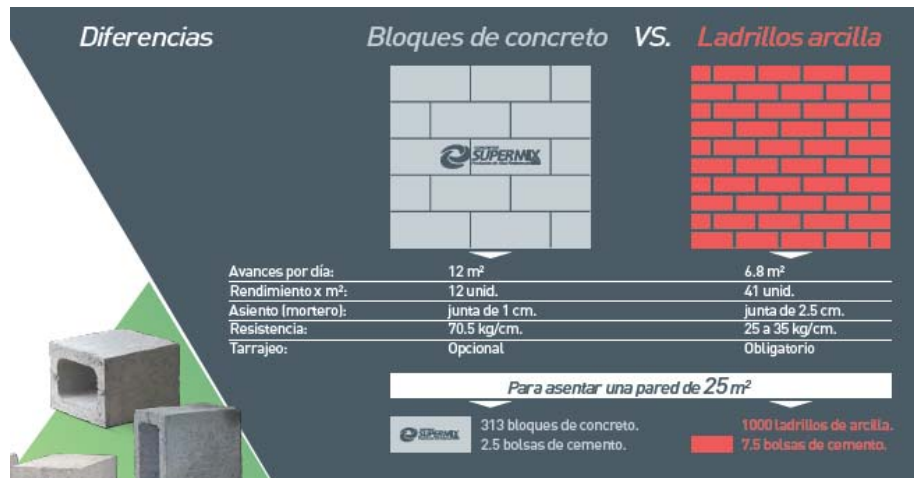


Figura 4. Diferencias de bloques de concreto Vs ladrillos de arcilla. Recuperado de https://www.supermix.com.pe/files/dip_bloques.pdf

En el medio regional, algunos de los bloques de concreto que se comercializan están:

- Ladrillo de concreto de 3 huecos.
- Ladrillo de concreto de 5 huecos.
- Medio bloque de 1 hueco.
- Bloque de concreto tipo 9.
- Bloque de concreto tipo 14.
- Bloque de concreto tipo 19.

Las descripciones y características se detallan a continuación en la figura 3.

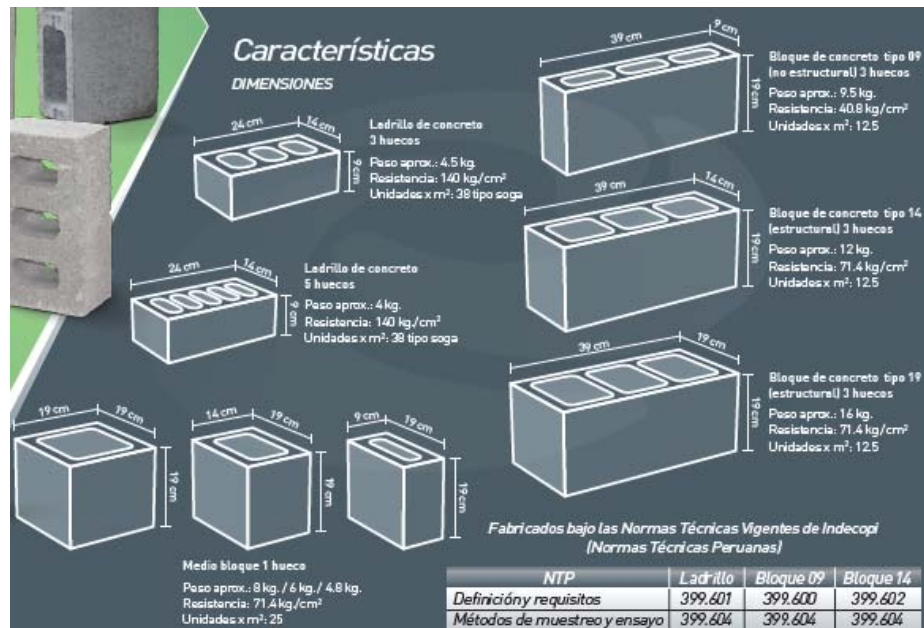


Figura 5. Bloques de concreto comercializados en Arequipa. Recuperado de <https://www.supermix.com.pe/productos/>

2.6 Bloques de concreto adicionados

Investigaciones precedentes, como la del Tecnológico de Monterrey. Monroy (1999) proponen el uso de bloques de concreto con adiciones de aserrín, haciéndolos más ligeros y con una conductividad térmica menor a la del bloque de concreto normal.

Otras investigaciones como lo menciona Bedoya (2003) en su tesis de post grado, mencionan el uso de agregados reciclados para la fabricación de bloques de concreto prefabricado, dichos bloques constituidos por el reciclaje de escombros son propuestos para utilización tanto divisoria como estructural.

Las adiciones de otros elementos como ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de bloques de concreto no estructural. Fuente, Fragozo y Vizcaino (2015). En el cual se propone el uso de “bloques ecológicos” con sustitución parcial del cemento Portland.

Otros materiales como cenizas volantes. Lamb y Ramírez (2008), bloques de concreto con aditivos bituminosos. Cañola y Echevarría (2017).

2.7 El plástico reciclado: características y propiedades

El plástico como tal, es un material que tiene por propiedad la maleabilidad, además poseen baja densidad, suelen ser impermeables, son aislantes acústicos, térmicos, eléctricos, resistentes a la corrosión, pero no todos son biodegradables ni fáciles de reciclar y en contacto con el fuego, al generar combustión dañan y contaminan el medio ambiente. Según la Enciclopedia de características (2017). Describe algunas características del plástico, enumeradas a continuación:

- Bajo costo de producción.
- Incoloro y sólido.
- Aislante eléctrico y térmico.
- Resistencia.
- Temperatura.
- Grado de toxicidad y reciclaje.
- Contaminación.

Según investigaciones realizadas por Caballero, Abella y Rodríguez (2014).

Existen 07 tipos de plásticos:

- PET O PETE (Tereftalato de polietileno), que es uno de los plásticos reciclados con más frecuencia.
- HDPE (Polietileno de alta densidad), también reciclable.
- PVC (Policloruro de vinilo), este es menos aceptado para reciclar.
- LDPE (Polietileno de baja densidad), también un tipo de plástico reciclable.
- PP (Polipropileno).
- PS (Poliestireno). Es un tipo poco común de plástico reciclable.

Por otro lado, el plástico reciclado. Caballero, Abella y Rodríguez (2014). Según investigaciones realizadas, se determinaron diferentes propiedades de acuerdo a cada tipo de plástico (07), los cuales son descritos en las tablas 3 al 6.

Tabla 4.

Inspección visual de los tipos de plástico

Plástico	Color, Transparencia, Traslucidez	Flexibilidad	Facilidad para cortarlo
1 (PET)	Trasparente	no	no
2 (HDPD)	Traslucido	si	no
3 (PVC)	Color Blanco	no	no
4 (LDPE)	Transparente	si	si
5 (PP)	Transparente	si	no
6 (PS)	Color Blanco	si	si
7 (OTROS)	Traslucido	si	si

Nota. Recuperado de Caballero, Abella y Rodríguez (2014).

Tabla 5.

Densidad de los tipos de plástico

Tipo de Plástico	1 (PET)	2 (HDPD)	3(PVC)	4 (LDPE)	5(PP)	6(PS)	7 (OTROS)
Densidad experimental (g/cm³)	0,6	0,83	1,05	0,4	0,3	0,85	0,67
Densidad teórica (g/cm³)	1,38	0,952	1,4	0,92	0,9	1,05	valor cambiante
Error de relativo (%)	56,52	12,46	25	56,52	66,67	19,05	valor no comparable

Nota. Recuperado de Caballero, Abella y Rodríguez (2014).

Tabla 6.

Flotabilidad de los tipos de plástico

Tipo de plastico	flota en agua	flota en agua salada
1 (PET)	no	no
2 (HDPD)	si	si
3 (PVC)	no	no
4 (LDPE)	si	si
5 (PP)	si	si
6 (PS)	si	si
7 (OTROS)	si	si

Nota. Recuperado de Caballero, Abella y Rodríguez (2014).

Tabla 7.

Características de los tipos de plástico

Tipo de plástico	Cantidad y color del humo	Color de la llama	Combustibilidad	Tipo de fusión	PH del humo	Olor
1 (PET)	poco apreciable, blancuzco	amarilla	se extingue	gotea y consistencia de goma	6	picante e irritante
2 (HDPD)	apreciable, blancuzco	azul	arde con dificultad	gotea	6	a vela
3 (PVC)	muy apreciable, negro	naranja	arde con dificultad	carboniza	0	a cuero quemado
4 (LDPE)	poco apreciable, negro	verde azulada	llama intensa	gotas y descompone	6	picante e irritante
5 (PP)	poco apreciable, blancuzco	azul	llama intensa	gotea	7	gas natural
6 (PS)	muy apreciable, negro	amarilla brillante	llama intensa	funde fácilmente	8	picante e irritante
7 (OTROS)	nada apreciable, gris	amarilla intensa	llama intensa	descompone y carboniza	6	a vela

Nota. Recuperado de Caballero, Abella y Rodríguez (2014).

2.8 Antecedentes bibliográficos: Plástico adicionado al concreto

- **Molina, Vizcaino y Ramírez (2007)**, tesis de pregrado de la Universidad de la Salle, Colombia. En el cual realizan un estudio de las características físicas y mecánicas de ladrillos adicionado plástico reciclado. Se realiza una descripción de: selección de materiales, descripción de una planta recicladora de plástico, elaboración de ladrillo de plástico reciclado, ensayos de laboratorio. Obteniendo como resultados que el ladrillo de plástico reciclado utilizado en el proyecto compuesto por 70% de PET, es un ladrillo liviano, por características del PET como su baja propagación de llama y buenas propiedades como aislante térmico. Molina, Vizcaino y Ramírez (2007)

De los ensayos físicos y mecánicos realizados al ladrillo de plástico reciclado se concluye lo siguiente, teniendo en cuenta como referencia las Normas Técnicas Colombianas: tiene muy bajo porcentaje de absorción de agua, al ser sometidos a fuerzas de flexión el ladrillo demuestra ser un ladrillo altamente resistente a la rotura, el ladrillo de plástico reciclado tiene un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kg/cm² y verticalmente 239 Kg/cm². El no cumplimiento de la resistencia motiva además al rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda

condicionado a los demás requisitos de calidad que establece la norma colombiana. Molina, Vizcaino y Ramírez (2007)

El costo del ladrillo plástico reciclado es económico por: la materia prima y su técnica para su fabricación, porque se requiere de mano de obra no calificada, baja infraestructura, rendimiento en su proceso constructivo debido ensamble al utilizar el ladrillo de plástico reciclado optimizado y su materia prima no necesita ser lavada para su fabricación. Molina, Vizcaino y Ramírez (2007).

- **Aguirre (2013)**, describe estudios y ensayos en laboratorio del plástico como elemento constructor. Se concluye que por motivo de la baja resistencia de hormigón no se puede realizar elementos estructurales importantes, ya que la resistencia máxima tiene un rango de 100 y 120 kg/cm². Los elementos prefabricados que se pueden elaborar con esta cantidad de resistencia son: bloques, adoquines y mortero para paneles estructurales. Si se utiliza el bloque prefabricado con el plástico reciclado como elemento de muros estructurales o portantes puede contribuir a un sistema estructural. Aguirre (2013)
- **Paz (2014)**, tesis de pregrado por un alumno de la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Describe mediante un análisis las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado.
 - El primer paso en esta tecnología es el triturado de los residuos plásticos, permite romper el material y con ello facilitar el retiro de sustancias que acompañan a los desechos, quedando finalmente el material con un tamaño de partículas aproximadamente de 1 cm. Paz (2014).
 - El segundo paso es el lavado, se introduce el plástico triturado en la lavadora con agua y detergente. El mejor sistema para la recogida de plásticos y posterior reciclado se basa en agrupar aquellos que sean fáciles de identificar, teniéndolos en su estado puro. Luego, el material es sometido a varias etapas de enjuague, para retirar restos de grasas, partículas y todos los productos que se agregaron en el proceso de limpieza. Paz (2014)
 - El tercer paso es el centrifugado, consiste en hacer girar el material para extraer el grueso del agua que le queda entre las distintas partes molidas, con esto se extrae hasta el 95% del agua, pero como el 5%

residual es una excesiva cantidad de agua para poder llegar a la extrusión o a la inyectora, se le da al material un tiempo adicional de secado a temperatura ambiente. Paz (2014)

- El último paso es el proceso de inyección donde se funde, mezcla e inyecta los plásticos. De los ensayos físico - mecánicos realizados al ladrillo de plástico reciclado este trabajo tiene como conclusión teniendo como referencia las Normas Técnicas Peruanas: bajo porcentaje de absorción, altamente resistente a la rotura. Paz (2014)

El costo del ladrillo plástico reciclado es económico. Paz (2014)

- **Caballero y Florez (2016)**, tesis de pregrado de la Universidad de Cartagena. Demuestran por medio de ensayos a materiales componentes de los bloques como cemento, PET y arena y a los bloques de concreto al plástico como una alternativa para la fabricación de bloques de concreto.

La alternativa estudiada, es la de sustituir un porcentaje (12,5%, 25% y 37,5%) en volumen de agregado fino por plástico PET triturado y recolectado como desecho para la fabricación de bloques de hormigón de 6 pulgadas. Caballero y Florez (2016).

El estudio de factibilidad consiste en que la alternativa, para diferentes sustituciones mantenga la geometría y proceso de fabricación de un bloque convencional, cumpliendo con los parámetros de resistencia, absorción, densidad y humedad de las normativas NSR-10 y Normas Técnicas Colombianas NTC del ICONTEC. Caballero y Florez (2016).

Los resultados demuestran que la alternativa es factible ya que los bloques con PET mostraron una reducción de peso por unidad, se redujo en un 2% la masa en comparación a los bloques convencionales, para la sustitución de 37,5% de arena. Caballero y Florez (2016).

Resistencias superiores para la sustitución de 12,5% y 25% de agregado (3,5 y 3,2 MPa respectivamente) contra la de 0% (2,83 MPa), debido a estos valores en las resistencias el porcentaje de absorción del agua cumple, al arrojar magnitudes bajas de 11,9% y 11,8% para las dosificaciones correspondientes. Caballero y Florez (2016).

En cuanto a los costos económicos el uso de bloques con PET triturado resulta más económico que un bloque convencional con diferencias en precios hasta

de \$113,17 para una sustitución del 37.5% de arena. Caballero y Florez (2016).

- **Morales (2016)**, Tesis realizada por un alumno de la Universidad Nacional de Ingeniería, que tiene como objetivo determinar la variación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, sustituyendo parcialmente el agregado grueso por PET reciclado. Utilizando materiales como Cemento Sol Tipo I, arena, agregado grueso, PET reciclados por trituración de los plásticos de botellas. Morales (2016).

Se describieron las propiedades al plástico y el uso del plástico en la construcción, los materiales componentes del concreto y sus propiedades físicas, los ensayos al PET según la Norma Técnica Peruana (NTP). Diseños de mezclas, propiedades del concreto: concreto en estado fresco como: tiempo de fragua, contenido de aire, peso unitario, consistencia. Propiedades mecánicas del concreto endurecido como: resistencia por compresión axial, resistencia a la compresión diametral, resistencia a la flexión y por último un análisis de costos. Morales (2016).

Se realizó el diseño de mezclas bajo las normas ACI-211.191 y la metodología del agregado global. Determinándose relaciones agua cemento (a/c) de 0.60, 0.65, 0.70. y mezclas de concreto con remplazos de 5%, 10% y 15% de PET reciclado en el peso del agregado grueso. Morales (2016).

Los resultados obtenidos de la investigación, son que para propiedades del concreto fresco el peso unitario del concreto con PET disminuye su valor a mayor reemplazo del PET. Se obtuvo un concreto ligero con adición del 15% de PET. Morales (2016).

Para el concreto endurecido, los valores de compresión (axial, diametral) y flexión en vigas disminuyen entre más PET reciclado se le adiciona. Morales (2016).

Respecto a la muestra con 15% de PET reciclado y relaciones agua/ cemento (0.60, 0.65 y 0.70) son una alternativa para la elaboración de adoquines, bloquetas y ladrillos de concreto debido, debido a que su fabricación necesita un asentamiento de cero pulgadas. Morales (2016)

El costo para un concreto con 5% PET, 10% PET y 15% PET reciclado incrementó su valor en promedio de 4%, 8% y 12% respectivamente con

respecto al costo del concreto normal, variando sustancialmente por m³.
Morales (2016)

- **Echeverría (2017)**, tesis de pregrado de la Universidad Nacional de Cajamarca. Describe el diseño de mezclas de ladrillo de concreto vibrado con plástico PET reciclado, así como la determinación de sus propiedades en estado fresco y endurecido.

Materiales, equipos y metodología utilizada. El estudio y la determinación de las propiedades físicas de los agregados, propiedades físicas del PET reciclado, procedimiento de mezclas del ladrillo de concreto vibrado con PET reciclado, características de los ladrillos con dicha inclusión, ensayo de resistencia a la compresión de las unidades. Echeverría (2017). Teniendo como resultados finales:

- Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) en ensayos de succión y absorción aumentan a medida que se incluye el PET en la mezcla, este comportamiento es atribuido a la geometría de las hojuelas de PET reciclado, pues no permiten un óptimo acomodo de las partículas del concreto, generando así mayores poros en éste. Echeverría (2017).
- Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) en los ensayos de peso unitario volumétrico disminuye un máximo de 14% comparado con el ladrillo patrón (0% PET). Echeverría (2017).
- La resistencia a compresión de los tres tipos de ladrillo de concreto – PET es de 51.5kg/cm² o 31.8%, respecto del ladrillo patrón (0% PET). Los muretes de ladrillo de concreto vibrado proporcionaron la resistencia característica a corte habiendo una disminución máxima de 6.51kg/cm² o 39.5%, respecto de la mezcla patrón (0% PET), cumpliendo los valores referenciales superando los valores de diseño estructural estipulados en la norma E.070:2006. Echeverría (2017).
- Los tres tipos de ladrillos de concreto – PET (3%, 6%, 9% PET) según sus propiedades se clasifican como ladrillos Clase III y el ladrillo

patrón (0% PET) se clasifica como ladrillo Clase IV, todos pudiendo ser utilizados estructuralmente. Echeverría (2017).

- El estudio respecto a la revisión bibliométrica, se tiene:
 1. Ngoc Kien Bui ,Tomoaki Satomi , Hiroshi Takahashi. (2018), realizan un estudio del reciclaje de desperdicios de sacos de plástico y residuos de botellas de PET como fibra en concreto agregado reciclado por medio de un estudio experimental en Japón.
 2. Jonathan Taaffe , Seán O’Sullivan , Muhammad Ekhlashur Rahman , Vikram Pakrashi.(2014). Por medio de la experimentación, realizan un estudio de las características del Tereftalato de Polietileno (PET) con el fin de fabricar botella Eco-ladrillos en Irlanda.
 3. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun. (2015). Quienes estudiaron las propiedades del mortero producido con agregado de ladrillo de arcilla reciclada y PET, en China.
 4. Kateřina Nováková, Karel Šepsb, Henri Achtena. (2017). Desarrollaron por medio de experimentación bloques de construcción creados a partir de tereftalato de polietileno: Prueba de PET, en República Checa.
 5. Md. Jahidul islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul Islam. (2016). Determinaron los efectos del PET reciclado, como agregado grueso en el concreto y realizaron pruebas en el estado fresco y endurecimiento del concreto para determinar sus propiedades, realizado en Bangladesh.
 6. Alejandro David Martínez Amariz y Mónica Liliana Cote Jiménez. (2014). Realizaron el diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET, en Colombia.
 7. Gaggino, Rosana. (2008). Realizó un estudio de ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para el autoconstrucción.
 8. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal. (2017). para mejorar las propiedades del concreto utilizó PET reciclado, en India.
 9. Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P. (2016). Realizó un estudio comparativo sobre bloques de hormigón incorporados en plástico usado con bloques de hormigón ordinarios, en India.

10. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam. (2017). El desarrollo de un bloque de hormigón que contiene una botella de plástico PET (Escamas), en Tailandia.
11. Nabajyoti Saikia^{a,b}, Jorge de Brito. (2012). Residuos de tereftalato de polietileno como un agregado en concreto, en Portugal.
12. Bezerra et al. (2010). Realizó un estudio de dosificación y producción de bloques estructurales en concreto con incorporación de polietileno micronizado.
13. García de los Santos et al. (2013). Estudio De Factibilidad Bloques De Hormigón Con Agregado De Residuo Plástico ABS.
14. Iris Sánchez Soloaga, Angel Oshiro y Maria Positieri (2014). Realizaron un estudio sobre el uso del plástico reciclado en el hormigón Una alternativa para reducir la huella ecológica.
15. Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamputc. (2015). Realizaron bloques de hormigón livianos mediante el uso de plástico de desecho, en Tailandia.
16. BERRETTA Horacio, ARGUELLO Ricardo, GATANI Mariana, GAGGINO Rosana. (2013). Realizaron un estudio para la propuesta de nuevos materiales para la construcción: los plásticos reciclados, en Argentina.
17. Di Marco, R. y León, H. (2017). Realizaron un estudio sobre ladrillos con adición de pet, en Colombia.
18. Gaggino, Rosana. (2003). Propone una nueva tecnología constructiva usando materiales reciclados para casos de emergencia habitacional.
19. Sina Safinia*, Amani Alkalbani. (2016). Uso de botellas de agua de plástico recicladas en bloques de hormigón, en Omán.
20. Santiago et al. (2015). Diseño y elaboración de adoquines de pet reciclado.

2.9 Hipótesis

Es posible que por medio de la revisión bibliométrica se podrá describir y seleccionar las metodologías para el uso de plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques en la industria de la construcción, obteniéndose un rango de % de adición, características y propiedades del PET, así como el método de procesamiento para su aplicación en la ciudad de Arequipa.

CAPÍTULO III

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Descripción del objeto de estudio

El objeto de estudio de la investigación es el uso del PET reciclado en la incorporación al concreto para la fabricación de bloques, para el sector industrial en la provincia Arequipa.

3.2 Unidad de análisis

Se estableció como unidad de análisis para la investigación, al sector industrial referente a la fabricación de bloques de concreto con PET reciclado incorporado perteneciente a la Región de Arequipa.

3.3 Descripción del tipo de investigación

La presente investigación se basó en un método cualitativo, en el cual se realizó en una revisión bibliográfica y análisis bibliométrico de artículos científicos a la fabricación de bloques de concreto, al estudio del material incorporado PET reciclado y a la fabricación de bloques de concreto con PET incorporado, de procesos y sus beneficios, junto con la revisión de casos de estudio.

3.4 Descripción de los instrumentos de investigación

Se utilizó como instrumentos de investigación 20 artículos científicos, los cuales fueron analizados según los objetivos planteados.

3.4.1 Recolección de datos

Durante la recolección de datos, se inició filtrando la información de las tesis, artículos e investigaciones encontradas, es decir de cada documento se extrajo información relevante para que acorde a los objetivos de la presente investigación se subdivida los datos. En el caso de datos secundarios, se formuló preguntas que respondan a la factibilidad del tema planteado, beneficios y limitaciones del procedimiento, y así mismo que determinen la importancia del tema planteado. Posteriormente, se realizó un comparativo de los 20 artículos estudiados en cuanto a su metodología, principalmente.

3.4.2 Análisis de datos

- En el análisis de datos se utilizó Cuadro comparativo.
- Análisis de las variables dependientes e independientes
- Formulación y justificación de la investigación.
- Contrastación con los objetivos y la hipótesis.

3.4.3 Operacionalización de las variables del modelo conceptual

Tabla 8.

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Justificación	Proposición	Variables	Metodología
Problema general	Obj. General		Proposición general	Var. Independiente	
¿Qué metodologías son las adecuadas para la utilización del plástico reciclado como adición para la fabricación de bloques de concreto, en base a revisión bibliográfica?	Describir las metodologías para el uso de plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques en la industria de la construcción a partir de referencias bibliográficas.	En la actualidad, los bloques de concreto tradicionales emplean componentes que causan impacto al medio ambiente tanto al suelo, aire, agua. Sin embargo, aún no se aplican nuevas incorporaciones en su fabricación como si ocurre en el caso del cemento tales como, cemento HS, MS (anti salitre), HE (alta resistencia), IP (alta resistencia y durabilidad), Ico (extra fuerte), HS R (extra durable). Estos cementos son llamados adicionados. ASOCM (2016).	Por medio de la revisión bibliométrica se podrá describir y seleccionar las metodologías para el uso de plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques en la industria de la construcción, obteniéndose un rango de % de adición, características y propiedades del PET, así como el método de procesamiento del PET.	Metodologías para la utilización del plástico reciclado	La presente investigación se basó en un método cualitativo, en el cual se realizó en una revisión bibliográfica y análisis bibliométrico de artículos científicos a la fabricación de bloques de concreto, al estudio del material incorporado PET reciclado y a la fabricación de bloques de concreto con PET incorporado, de procesos y sus beneficios, junto con la revisión de casos de estudio.
				Var. Dependiente	
				Fabricación de bloques de concreto con plástico reciclado adicionado	
Problema específico	Obj. Específico		Proposición Secundaria	Variables específicas	
¿Qué investigaciones precedentes proporcionarán información sobre el plástico reciclado como adición en la fabricación de bloques de concreto?	Recolectar, clasificar y elaborar un diagnóstico en base a las investigaciones precedentes sobre el plástico reciclado como adición en la fabricación de bloques de concreto.		Recolectar, clasificar y elaborar un diagnóstico de investigaciones sobre plástico reciclado adicionado a bloques de concreto, mediante un análisis bibliométrico de artículos científicos.	Var. Independiente	
				Investigaciones precedentes sobre plástico reciclado como adición a bloques de concreto.	
				Var. Dependiente	
				Bloques de concreto adicionado.	

¿Qué propiedades y características del plástico reciclado son las adecuadas para determinar su utilización como adición a bloques de concreto adicionado en base a la revisión bibliográfica?	Describir las propiedades y características del plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques, en base a revisión bibliográfica.	Investigaciones precedentes como artículos, tesis de pregrado y post grado, entre otras; muestran las diferentes incorporaciones al concreto como: aserrín o viruta de madera: Garcés (2004). Concreto reciclado: el concreto reciclado. Bedoya (2003).	Realizar la revisión de fuentes bibliográficas sobre las propiedades y características del plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques.	Var. Independiente	
				Características y propiedades del plástico reciclado	
¿Qué rango de porcentajes de plástico reciclado adicionado a los bloques de concreto y en qué presentación (triturado, hojuelas, tiras, entre otros) será posible recomendar para su uso y aplicación en la ciudad de Arequipa de acuerdo a la revisión bibliográfica?	Determinar de acuerdo a referencias bibliográficas el rango de porcentajes recomendados de plástico reciclado adicionado a los bloques de concreto y la presentación (triturado, hojuelas, tiras, entre otros) será posible recomendar para su uso y aplicación en la ciudad de Arequipa.	Por medio de esta investigación y a partir de fuentes bibliográficas precedentes se podrá contribuir en la descripción de propiedades y características, obtención y procesamiento del plástico reciclado como adición a los bloques de concreto, rango de porcentajes de adición, ensayos, así como metodologías para su utilización como adición en la fabricación de bloques de concreto.	Por medio de referencias bibliográficas, establecer el rango de porcentajes recomendados de plástico reciclado adicionado a los bloques de concreto y la presentación (triturado, hojuelas, tiras, entre otros).	Var. Dependiente	
				bloques de concreto adicionado	
				Var. Independiente	
				Rangos de porcentaje y presentación de plástico adicionado a bloques de concreto	
				Var. Dependiente	
				bloques de concreto adicionado con un rango de porcentaje y presentación específica.	

Nota. Fuente propia

3.5 Descripción de metodologías para bloques de concreto con PET reciclado

3.5.1 Clasificación del PET

Según el estudio de Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018), menciona cuatro tipos principales de fibras que pueden utilizarse para reforzar concreto: fibra de acero, fibra de vidrio, fibra natural y sintética fibra (Yin et al., 2015). Las fibras de plástico son fibras sintéticas tales como Fibra de PP, HDPE, PET, nylon, PE, PVC, PVA o híbrida (una combinación de fibra de plástico y fibra de acero) que podría reemplazar a la fibra de acero (Caggiano et al., 2016; Yin et al., 2016). Las fibras plásticas pueden ser fibra recién producida o reciclada.

Según el estudio de Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016), Los plásticos basados en polímeros se pueden clasificar en general en dos categorías, plástico termoplástico y termoendurecible.

- Termoplásticos, como polietileno (PE), poliestireno (PS), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y polietileno de alta densidad (HDPE), se puede derretir mediante calentamiento y endurecer enfriamiento.
- Termoendurecibles no pueden derretido o suavizado por calentamiento. El tereftalato de polietileno (PET) es un polímero semi cristalino con alta resistencia mecánica y dureza, así como hidrolítica, resistencia química y solvente. Es ampliamente utilizado en envases industrias (es decir, productos farmacéuticos y productos alimenticios).

Según el estudio de Gaggino (2008), diferentes tipos de plástico se reciclan para diversos usos, estos tipos de plástico son:

- PET (Polietilen – Tereftalato)
- HDPE (Polietileno de Alta Densidad)
- El Cloruro de Polivinilo (PVC)
- El Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
- El Polipropileno (P)P)
- El Poliestireno (PS

3.5.2 Propiedades del PET

Según el estudio de Jonathan Taaffe, Seán O'Sullivan, Muhammad Ekhlashur Rahman, Vikram Pakrashi (2014), llamado Caracterización experimental de Tereftalato de Polietileno (PET) usando eco-ladrillos a base de botellas se pueden describir las propiedades del PET como resistencia a la compresión. Obteniéndose una resistencia a la compresión con valores de hasta 40 kN, estos valores son similares a los valores básicos de ladrillos convencionales. Además, el PET es favorable puesto que es un material liviano pero fuertes para el peso ellos llevan.

Según el estudio de Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015), el cual es un estudio de las propiedades de mortero con PET reciclado y polvo de ladrillo de arcilla. Se hicieron pruebas tanto al ladrillo de arcilla reciclado como al tereftalato de polietileno (PET) reciclado. Para esta investigación sólo se describirán las propiedades del PET reciclado. EL PET reciclado posee un alto rendimiento a prueba de agua, alta durabilidad, buena propiedades mecánicas y eléctricas, y bajo costo de producción.

La realización de pruebas con morteros, son el punto inicial para la determinación del comportamiento del concreto con el material que se añade en este caso PET con polvo de ladrillo de arcilla reciclado. Este ensayo (con morteros) también se realiza para la determinación de los diseños de mezclas y las cantidades del nuevo material en la elaboración de bloque de concreto con nuevas adiciones. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015).

Los valores de las propiedades del PET reciclado realizadas en el estudio fueron:

- Densidad del PET reciclado: 1.35 g/cm³
- Punto de fusión :260 °C
- Absorción de agua: 0.16%

Según el estudio de Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016), el PET presenta baja resistencia a la compresión del hormigón independientemente de la consistencia de la relación agua-cemento.

La gran ventaja de usar residuos Las botellas de PET como agregados son la reducción del peso propio del concreto debido a su bajo peso unitario.

Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2016), El PET es un peso ligero polímero, con una densidad relativamente baja, a aproximadamente 15-60 kg / m³. Si las escamas de botellas plásticas PET se mezclan con, o se usan para reemplazar los agregados de materiales de construcción en general, como la mezcla con concreto o la formación de ladrillos, puede hacer que el material de construcción sea más bajo en peso y densidad. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2016).

3.5.3 Usos del PET aplicados a la construcción

Según Kateřina Nováková, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017), Se observa ampliamente que el plástico reciclado tiene diferentes propiedades mecánicas y propiedades químicas que el mismo plástico virgen, esto significa que el plástico reciclado no interactúa con el plástico virgen del mismo tipo. Debido a esto, bajas cantidades de mezcla de plástico reciclado (hasta 5% de plástico reciclado) son típicamente investigados.

Bloque de construcción creado a partir de tereftalato de polietileno: La botella de PET resultó ser sometida a varias pruebas como las realizadas en ladrillos de construcción regulares: compresión, presión y congelación térmica. PET tiene una resistencia a la compresión que depende en gran medida del medio de relleno, baja resistencia a la presión y un pequeño ancho de banda rendimiento en la congelación de calor. Realizando asientos pequeños objetos el PET no parece adecuado como pared independiente, pero puede funcionar como relleno fácilmente apilable material dentro de una estructura portante. Kateřina Nováková, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017).

La aplicación del PET reciclado más utilizada es en la mezcla de hebras de PET recicladas en hormigón, seguido de la aplicación en asfalto.

Según el estudio de Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016). Se han desarrollado y adoptado otras opciones para la reutilización residuos de botellas de PET como agregados en morteros y

compuestos de hormigón. La mayoría de estos estudios están relacionados con la reutilización de residuos Botellas de PET como reemplazo parcial y / o completo de agregado fino (arena) tanto en mortero como en hormigón. Vaverka utilizó tanto polietileno de alta densidad (HDPE) como PET en la preparación mortero con arena diferente (5-20% del volumen total de arena) relación de reemplazo. Por otro lado, muy pocos estudios han sido incorporados residuos de botellas de PET como reemplazo parcial de agregado grueso en mezclas de concreto. Además de residuos de PET, otros plásticos desechos como HDPE, PE y PS se han utilizado como agregados en preparando varios materiales compuestos de hormigón. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

3.5.4 Métodos de procesamiento y reciclaje del PET

Según el estudio de Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018), El Método de obtención la fibra de las botellas de PET y de los sacos de PET se siguió el siguiente procedimiento:

- Se seleccionaron botellas de PET de residuos y se recogieron sacos de plástico tejidos.
- Se procedieron a lavar antes de cortarlos.
- La botella de PET se cortó de manera manual en longitudes de 50-60 mm y anchos de 2-3.5 mm. Para el saco de plástico tejido se cortó en longitudes de 50-60 mm y luego se separaron a hacer fibra con un ancho de 2.5-3 mm. Porque el plástico tejido saco fue tejido a partir de muchos hilos de plástico o fibras de plástico en dos direcciones (urdimbre y trama). Las fibras se limpiaron y secaron a temperatura ambiente. Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018)
- Antes de que la fibra se agregara al concreto, las propiedades físicas y de durabilidad de las fibras en los ambientes alcalinos fueron determinados.

Según el estudio de Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015), en la actualidad hay tres formas principales de reciclar residuos de PET, sin embargo, utilizaron el primer método para su investigación.

- El primer método es mediante la trituración del PET en partículas y usarlo como sustituto del agregado para producir concreto. Ya que el concreto con PET tiene baja absorción de agua y es ligero, este método es la forma más

ecológica de reutilizar PET. La desventaja es que al aumentar el % de PET este reduce propiedades del concreto endurecido como la compresión y la flexión.

Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015)

- La segunda forma es usar PET reciclado fibra en concreto para mejorar su ductilidad, reduciendo así el agrietamiento debido a la contracción plástica. Pero este método solo recicla una pequeña cantidad de residuos de PET. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015)
- El tercer método es hacer polímero mortero u hormigón con resina de poliéster insaturado de PET despolimerizado. Sin embargo, el costo de este método es muy alto. Las propiedades del mortero de polímero u hormigón son muy sensibles a la temperatura. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015)

Según el estudio de Kateřina Nováková, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017), muchos plásticos, y PET en particular, tienen la ventaja de ser 100% reciclado. Desarrollo experimental de una botella de plástico utilizable como construcción.

El reciclaje se puede realizar por 04 métodos:

- El método primario (re extrusión o reutilización de alto grado), consiste en obtener primero el material limpio y material limpio para aplicación repetida en el proceso de producción. Kateřina Nováková, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017).
- El secundario, referente a los métodos mecánicos, pellets, copos o polvos triturados de diferente calidad inferior). Kateřina Nováková, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017).
- El terciario (químico, transformación a combustibles o materia prima petroquímica). Kateřina Nováková, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017).
- El cuaternario (recuperación de energía; incineración en hornos y reactores). Kateřina Nováková, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017).

Actualmente el reciclaje mecánico y el reciclado químico se usa más, por ello se describirán ambos métodos.

- Reciclaje mecánico: Las botellas de PET se clasifican, cortan, se lavan con desgrasante y finalmente son secadas. El mayor problema de este método es la

contaminación con PVC. Las escamas de PET se lavan con una solución de NaOH al 2% y una detergente a 80 ° C (353 K) y luego se lavan nuevamente con tetracloroetileno. Secar las escamas de PET es esencial, ya que minimiza el contenido de humedad reduce la degradación hidrolítica. El material debe contener menos de 50 ppm de agua, lo que se puede lograr mediante el secado a 170 ° C (443 K) durante 6 h. El proceso de reciclaje mecánico es relativamente simple y barato, pero el material sufre degradación en forma de escisión de polímero cadenas y la cantidad de contaminantes que causan una inestabilidad del material. Para resolver esto, se pueden agregar estabilizadores como butilo mercaptido de estaño, mercapturo de antimonio y ftalato de plomo. El principal desventaja del reciclaje mecánico es que el producto tiene un bajo peso de la molécula y necesita ser regranulado. Además de vacíos resultados de desgasificación en rPET con mayor MW. Kateřina Nováková, Karel Šěpsb y Henri Achtena (2017)

- Reciclaje químico: El proceso de reciclaje químico es más costoso que el mecánico. El método más reciente de reciclado químico es implementar microondas. Hay múltiples fases de despolimerización química tal como hidrólisis, metanolisis y glucólisis. En la primera etapa, el PET se mezcla con un activador absorbente de microondas y fundido a 230 - 330 ° C (503-603 K). En el segundo la solvólisis de fase se realiza junto con el catalizador. Todo esto está hecho bajo presión atmosférica. La desventaja del reciclaje químico es su alto costo, pero la ventaja es que no hay contaminantes, porque las sustancias originales también son la salida del proceso: ácido tereftálico y etilenglicol. Kateřina Nováková, Karel Šěpsb y Henri Achtena (2017).

La propuesta de los autores es utilizar ambos tipos de reciclaje. Se utilizaron además de botellas de plástico, PET reciclado en forma de escamas granulares.

Según el estudio de Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016), La preparación de agregados de PET requiere varios pasos:

- En primer lugar, las botellas de PET usadas se recolectan a través del vendedor local. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

- Estas botellas luego se lavan antes de pasar a través de una trituradora y se transformó en partículas granulares. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).
- Los copos de PET también se pueden recolectar directamente del reciclaje local plantas. Los copos de PET se ponen en un horno con temperatura que varía entre 280 C y 320 C, y el PET fundido se recoge y enfría para lograr PET solidificado. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).
- Las pilas de PET se trituran usando una máquina trituradora para obtener el tamaño deseado. Los agregados adquiridos eran relativamente más redondos en forma con una superficie más suave comparado a los agregados de ladrillo triturado. El resultado final se muestra en la figura nº6.



Figura 6. Agregado grueso de PET. Recuperado de
<http://www.elsevier.com/locate/conbuildmat>

Según Gaggino (2008), en el mundo existen 03 métodos para reciclar plástico: mecánico, químico y energético. La tecnología de reciclado fue propia y fue más sencilla de la mencionada anteriormente. Esta se describe a continuación:

- El material utilizado es de tres tipos:
 - Pet, procedente de botellas, envases.

- Plásticos varios entre ellos LDPE, PVC y BOPP (Polipropileno Biorientado).
 - PS.
- Los residuos plásticos son triturados con un molino especial y luego es añadido a mezclas cementicias, no se realiza ningún lavado salvo los materiales estén muy contaminados: El bajo requerimiento de limpieza se explica porque los desechos quedan confinados en la masa de un hormigón. Gaggino (2008).

Para la investigación desarrollada por Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016). Los materiales utilizados para hacer el agregado plástico fueron bolsas de polietileno de desecho y plástico de polietileno de baja densidad (LDPE). Gaggino (2008). El método de procesamiento fue el siguiente:

- Se ordenó y se separó de los plásticos laminados. Gaggino (2008).
- Se limpiaron para eliminar otras impurezas y se trituraron en pequeñas fracciones. Gaggino (2008).
- Se fundieron a una temperatura de 2200 ° C a 2500 ° C y se deja enfriar extendiéndose sobre la superficie del suelo. Gaggino (2008).
- Las rocas de plástico de tamaño entre 100 y 120 mm se aplastaron para obtener el tamaño de los agregados. Gaggino (2008).

Según el estudio de Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017), Los copos de plástico triturados y molidos utilizados para formar bloques de hormigón fueron los del mismo tamaño que en los programas tailandeses estándar de reciclaje, que es de 0.5 pulgadas o 1.27 cm.

Los métodos que se usaron para seleccionar los copos de plástico dependieron de la malla por la que fueron filtradas, en comparación con otros agregados, los copos de plástico fueron relativamente grandes. Como resultado, fueron molido a tamaños más pequeños. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Tabla 9.

Selección de copos de plástico de una planta de reciclaje.

Size	% of Selected Mass	Size (mm)	Mesh that cannot filter
L1	<0.01	9.53-12.70	Mesh3/8"
L2	43.36	4.75-9.53	MeshNo.4
L3	53.66	2.38-4.75	Mesh No.8
L4	2.98	1.19-2.38	Mesh No.16
L5	<0.01	0.589-1.19	Mesh No.30

Nota. Recuperado de Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Tabla 10.

Selección de copos de plástico molidos por una procesadora de plástico rectificadora.

Size	% of Selected Mass	Size (mm)	Mesh that cannot filter
M1	7.54	2.38-4.75	Mesh No.4
M2	72.72	1.19-2.38	Mesh No.8
M3	15.85	0.589-1.19	Mesh No.16
M4	2.39	0.297-0.589	Mesh No.50
M5	1.49	0.15-0.297	Mesh No.100

Nota. Recuperado de Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

De las dos tablas mostradas, se encontró que los tres mayores volúmenes de plástico eran L2, L3 separados por un tamiz y M2 fue el tamaño obtenido por rectificación. Después de establecer la relación de cemento a agregado, la relación de agua a cemento, y el tamaño de la escama de plástico, el agregado de arena fue reemplazado, en diversas proporciones, por escamas de plástico. Los se formaron bloques y se realizaron pruebas para descubrir qué proporción de reemplazo de arena produjo óptima fuerza compresiva. Se seleccionaron tres tamaños de escamas de plástico (L2, L3, M2), Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017), los cuales se muestran en la figura.

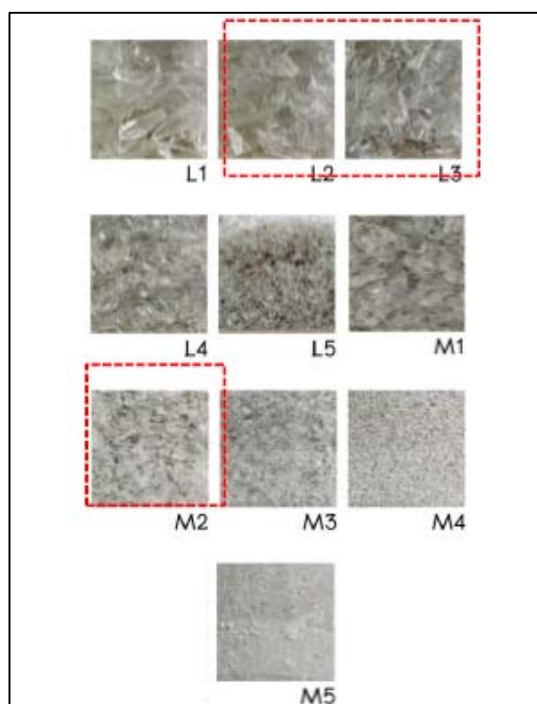


Figura 7. Hojuelas de plástico de la planta de reciclaje (L) y rectificación. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Tabla 11.

Descripción de las escamas de plástico reciclado

Plastic flake	Size (mm)	Renamed Variables
L2	4.75-9.53	L (Large)
L3	2.38-4.75	M (Medium)
M2	1.19-2.38	S (Small)

Nota. Recuperado de Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Además de comparar los tres tamaños básicos de los copos de plástico, se crearon otras muestras mezclando los tres tamaños. Por ejemplo, las escamas de plástico tamaño L y M se combinaron para reemplazar el agregado de arena. Mezclando muchos materiales de desecho de agregados gruesos y finos de varios tamaños en la mezcla de concreto no es solo para encontrar la mejor forma de utilizar los materiales de desecho para la máxima eficiencia, sino también para descubrir una resistencia a la compresión aplicable. Por lo tanto, la evaluación del tamaño de la escama incluyó un tipo de tamaño único, L, M,

S y un tipo de tamaño mixto (L + M), (L + S), (M + S), (L + M + S). Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Nabajyoti Saikiaa , Jorge de Brito (2012), trataron el PET de la siguiente:

- Procesaron el material en una planta, En esta planta de tratamiento de residuos plásticos. Los copos gruesos y fracciones finas se obtuvieron después de la molienda mecánica de residuos de PET seguido de limpieza y separación por métodos físicoquímicos. Nabajyoti Saikiaa , Jorge de Brito (2012).
- El pellet de plástico se produce de escamas de plástico. Este material consiste en predefinido e incluso granos de PET de tamaño uniforme, sin contaminación. Nabajyoti Saikiaa , Jorge de Brito (2012).
- El material calentado se extrae a través de una extrusora, con un filtro de polímero y una hilera con agujeros. El calentamiento y la fusión del material calentado se realiza en vacío, lo que permite la extracción de contaminantes volátiles. Nabajyoti Saikiaa, Jorge de Brito (2012).
- El proceso de extrusión es relativamente corto, lo que limita la ocurrencia de reacciones secundarias durante la etapa de fusión. Nabajyoti Saikiaa, Jorge de Brito (2012).
- Después de pasar por una hilera la masa fundida se recoge en un baño de enfriamiento que solidifica el polímero antes de ser granulado en un cortador rotatorio en agua. La mezcla de agua y granos de polímero está sujeta a un separador vibratorio y luego los granos de polímero son se centrifuga para eliminar el exceso de agua. Nabajyoti Saikiaa, Jorge de Brito (2012).
- Se estudió el PET en tres presentaciones: Los copos gruesos (PC), la fracción fina (PF) y el plástico pellets (PP) se utilizan como agregado de plástico en la preparación de concreto estructural.

Según los estudios de García de los Santos et al (2013), Para la fabricación de los bloques de concreto adicionado, utilizaron una fábrica dedicada a este rubro, utilizaron maquinaria automatizada para la mezcla, llamada “Betonmass”, considerada la más rápida del mundo con unos 10 ciclos por minuto, un sistema de vibración AFC SmartPac con variación de frecuencia y amplitud de vibrado (más moderno en su género) y sistema de curado

controlado electrónicamente y automatizado del tipo niebla fría ConCure. García de los Santos et al (2013).

Según el estudio de Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamput (2015), El plástico fue molido y aplastado por la máquina tenía 4 mm de ancho. EVA (Etileno acetato de vinilo), de plástico es un material extremadamente elástico con excelente dureza. Este material tiene una buena resistencia al agrietamiento por tensión, propiedades adhesivas impermeables flexibles y de fusión en caliente.

Del estudio de Berreta et al (2013), El PET es reciclado mediante un proceso muy simple y barato pues no necesita estar limpio, puesto que no afecta sus propiedades.

- Los envases de PET son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de envases de otro tipo (PP, PVC, etc.). Berreta et al (2013).
- No se utilizan piletas de lavado ni otros medios físicos.

Para el estudio de Di Marco y León (2017), Para la fabricación de los diferentes especímenes, el PET a utilizar fue el resultado de la trituración de envases plásticos en una máquina que lo deja en hojuelas que pasan el tamíz de $\frac{3}{4}$ " y retenidos en la Malla No. 4.

Según el estudio de Gaggino (2003), se utilizó Poliestireno Expandido (PS), papeles plásticos, residuos de industrias. Son principalmente de BOPP (Polipropileno biorientado), PVC (Cloruro de polivinilo) y PE (Polietileno de baja densidad). Las láminas de BOPP, PVC y PE se trituran con una máquina para obtener partículas con las siguientes dimensiones: 3 – 8 mm. x 3 - 8 mm., espesor: 0,1 mm. Las partículas son sometidas a un pre-tratamiento de calor, utilizando un soplete con fuego con el fin que adquieran una forma arrugada similar a una cascarita. Gaggino (2003).

Este pre-tratamiento aumenta la resistencia mecánica, porque mejora la adherencia de los plásticos a la mezcla cementicia. Se le añade agua, todos los plásticos reciclados utilizando las siguientes proporciones: 1 -2 partes de BOPP, PVC y PE, y 1 -2 partes de PS por cada parte de cemento, en proporción

de volúmenes. Luego Se coloca en los moldes, se cura y se retira los moldes las placas. Gaggino (2003).

3.5.5 Diseño de mezclas y porcentaje de adición de PET para concretos

Según el estudio de Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018) para la investigación desarrollada utilizaron RPET que corresponden a residuos de botellas de PET recicladas y RWS correspondientes a residuos de sacos de plástico reciclados reforzados con RAC agregado de concreto reciclado.

- Para el Diseño de mezcla se utilizó el diseño ACI 211.1 (re aprobado de 2009) con una relación agua cemento de 0.45.
- Los ensayos realizados a los agregados tanto fino, grueso natural y grueso reciclado fueron: Densidad relativa, Densidad aparente, Densidad superficialmente seca, % de absorción. Para el agregado se realizó también el ensayo de granulometría.
- Los valores de asentamiento de estos tipos de construcción varían de 25 mm a 75 mm. Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018).
- La resistencia a la compresión del hormigón después de 28 días era 30 MPa. Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018).
- Propiedades mecánicas como: Resistencia a la compresión, resistencia al corte, resistencia a la tracción, módulo elástico, módulo de Poisson. Sin embargo, para el estudio de resultados para la aplicación en bloques de concreto de la presente investigación sólo es importante el ensayo de resistencia a la compresión o resistencia a la rotura. Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018).
- La resistencia a la rotura de RAC reforzada con RPET la fibra aumentó en un 11.8-20.3% mientras que la fibra RWS solo mejoró 9-16.6% la resistencia a la tracción por división de RAC en comparación con RAC sin fibra y SF. La incorporación de fibra de plástico reciclado, SF, y la propuesta la técnica de mezclado condujo a un aumento en la resistencia al corte de RAC. La fibra RWS y RPET mejoró la resistencia al corte de RAC aproximadamente 2-4% y 7-15%, respectivamente. Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018).

De acuerdo al estudio de Ochi et al (2007), la fibra de PET adicionada al mortero de cemento, da buena resistencia frente a los álcalis. Según Won et al (2010) las fibras de PET recicladas adicionadas al concreto alcanzan una resistencia a la compresión baja en ambiente alcalino o de ácido sulfúrico.

Según los resultados de esta investigación la resistencia a la compresión de la fibra RPET reforzada RAC con SF (Humo de sílice) aumentó ligeramente alrededor de 3.6-9% que reveló que el SF compensó la reducción de la fuerza causado por la fibra RPET en RAC. Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018).

Por medio de los ensayos realizados la adición de fibras de RPET Y RWS presentan una alta resistencia a los álcalis en ambientes alcalinos, realizándose esta medición hasta los 90 días. La fibra RWS y RPET mejoró el comportamiento posterior a la fisuración de RAC. Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018).

Según el estudio de Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015). Para producir el agregado fino con el ladrillo de arcilla este fue triturado, tamizado a diferentes tamaños y luego re combinado. El módulo de finura del agregado fino de CB reciclado fue 3.08. Las partículas recicladas de PET de una fábrica de reciclaje de plásticos. Además, se utilizaron cenizas volantes tipo F que contienen 3,88% de CaO también se añadió para mejorar la trabajabilidad y fuerza. Para el diseño experimental, Se diseñaron tres relaciones diferentes, las ratios de ligante y ladrillo de arcilla fueron, 1: 1, 1: 2 y 1: 3. La ceniza volante se usó para reemplazar parcialmente el PET. Tres diferentes niveles de reemplazo del 5%, 10% y 15% (en peso) fueron empleados. Sin embargo, se optó por la relación 1:2y 10% de ceniza volante. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015).

Según el estudio de Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016), las propiedades de los materiales para el diseño de mezclas fueron las siguientes:

- Cemento compuesto de Portland (de Bangladesh) con una densidad de 3.15 kg / m³ y 28 días de resistencia a la compresión de 42.9 MPa.

de acuerdo con ASTM C114. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

- Arena natural del río se usó como agregado fino (FA) en la mezcla de concreto. La arena se lavó primero para eliminar la suciedad y luego se seca en un horno. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

Se realizó en ensayo de Gravedad específica, capacidad de absorción de agua y el módulo de finura de la arena se determinó de acuerdo con procedimientos de prueba estándar ASTM C128 y ASTM C136. El análisis de distribución de tamaños de clasificación de la arena, revela que el material es particularmente fino. Además, tenía una gran capacidad de absorción de agua 7%. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

- Agregado grueso de ladrillo. Los ladrillos se obtuvieron de los campos de ladrillos locales y se trituraron para utilizarlos como agregados gruesos naturales en las muestras. Estos agregados eran de forma angular con superficies rugosas. Propiedades físicas, como gravedad específica, absorción de agua y el módulo de finura de ladrillo se probaron de acuerdo con ASTM C127 y ASTM C136. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

La distribución granulométrica del tamaño de clasificación del ladrillo está más cerca del límite inferior del estándar ASTM. Por otro lado, la absorción del agregado grueso de ladrillo fue significativamente alto en 9.75%. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

- Agregado de PET. Se realizaron diferentes pruebas según la ASTM C127 y C136. Las propiedades físicas del agregado de PET y estos resultados están tabulados en la Tabla 12. La distribución del tamaño de grado del PET grueso agregados (PCA) resultó ser similar a los agregados gruesos de ladrillo. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

Tabla 12.

Propiedades de los agregados con los diferentes materiales

Descripción	Materiales		
	Agregado grueso de ladrillo	Agregado grueso de PET	Agregado fino arena
Gravedad específica	2.33	1.58	2.43
absorción	9.75	0.43	7
Módulo de fineza	6.86	6.7	1.74

Nota. Elaboración propia. Recuperado de M.J. Islam et al. / Construction and Building Materials 125 (2016) 946–951

Para investigar el rendimiento del agregado de PET, se seleccionaron cinco tipos de mezclas donde los agregados gruesos naturales (chips de ladrillo) con PET grueso agregados (PCA) en un 0%, 20%, 30%, 40% y 50% de volumen de agregado grueso. Todas las mezclas tenían el mismo tipo de compuesto de Portland cemento (PCC) y arena de río como agregado fino en la mezcla de hormigón. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

- El diseño de la mezcla de concreto se llevó a cabo para tres diferentes proporciones de agua-cemento (a / c o en inglés w/c) y fueron 0,42, 0,48 y 0,57. La proporción de mezcla para el hormigón se realizó en base a la Norma ACI Práctica ACI 291.1 para dosificación de mezcla. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).
- Las proporciones de mezcla resultantes de todas las mezclas por peso para un metro cúbico de volumen de hormigón.

Tabla 13.

Proporciones de diseño de mezclas para 1 m³

Mixture	Designation [†]	Cement (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Fine aggregate (kg/m ³)	Brick coarse aggregate (kg/m ³)	PET coarse aggregate (kg/m ³)	W/C
NAC	WC42P0	461.5	193.8	534.2	1024.0	0.0	0.42
20% PAC	WC42P2	461.5	193.8	534.2	819.2	138.9	0.42
30% PAC	WC42P3	461.5	193.8	534.2	716.8	208.3	0.42
40% PAC	WC42P4	461.5	193.8	534.2	614.4	277.8	0.42
50% PAC	WC42P5	461.5	193.8	534.2	512.0	347.2	0.42
NAC	WC48P0	449.0	215.5	519.8	996.4	0.0	0.48
20% PAC	WC48P2	449.0	215.5	519.8	797.1	135.1	0.48
30% PAC	WC48P3	449.0	215.5	519.8	697.5	202.7	0.48
40% PAC	WC48P4	449.0	215.5	519.8	597.8	270.3	0.48
50% PAC	WC48P5	449.0	215.5	519.8	498.2	337.8	0.48
NAC	WC57P0	431.6	246.0	499.6	957.7	0.0	0.57
20% PAC	WC57P2	431.6	246.0	499.6	766.2	129.9	0.57
30% PAC	WC57P3	431.6	246.0	499.6	670.4	194.8	0.57
40% PAC	WC57P4	431.6	246.0	499.6	574.6	259.8	0.57
50% PAC	WC57P5	431.6	246.0	499.6	478.8	324.7	0.57

Nota. Recuperado de M.J. Islam et al. / Construction and Building Materials 125 (2016) 946–951

- Las propiedades del concreto fueron:
 - Para las pruebas de asentamiento. Se utilizaron seis especímenes cilíndricos de dimensiones de 300 mm y 150 mm. Los moldes se quitaron después de 24 horas y luego se curaron en agua en la habitación a una temperatura de 25 ± 2 °C durante 21 días. La trabajabilidad del Hormigón Agregado PET (PAC) aumenta con el porcentaje de Agregado grueso de PET (PCA), así como el aumento en la relación agua cemento. La textura vidriosa de PCA proporciona menos fricción entre partículas resistencia a los agregados de ladrillo de textura rugosa. Además, la forma redonda de PCA proporciona menos área de superficie y menos huecos comparado con los agregados de ladrillos que conduce a una mejor trabajabilidad. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).
 - Los pesos unitarios de las muestras se midieron. y la variación oscila entre 4% y 10%. Como la relación agua cemento aumenta, la densidad para PAC disminuyó mientras que la densidad de NAC permaneció casi igual. Esto se puede contribuir a la unidad baja peso de PCA en comparación con el agregado grueso regular (de ladrillo). La tasa de reducción de densidad del cilindro es más alta para 50% PAC con Relación de 0.57 w / c. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).
 - Se ensayaron las muestras a compresión después de 28 días con una fuerza hidráulica de 1000 kN. Para proporciones mayores de agua cemento, NAC mostró un aumento significativo en la relación fuerza / densidad de compresión comparado a PAC. Sin embargo, para una relación agua cemento de 0.42, esta variación es insignificante especialmente para PAC con 20% de PCA. Además, 28 días para 20% PCA reemplazado hormigón fue 30,3 MPa comparado a 33.4 MPa para NAC cuando la relación w / c fue de 0.42. Esto lleva a la conclusión esa pequeña cantidad de

PCA reemplazó el concreto con bajo contenido de w / c relación puede producir hormigón similar al hormigón tradicional con agregados naturales. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).

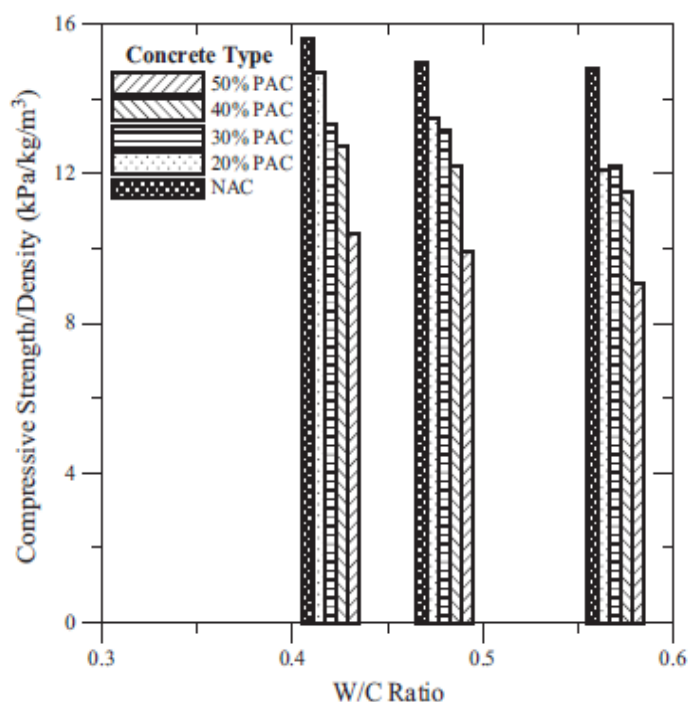


Figura 8. Variación de la resistencia a la compresión versus relación agua cemento. Recuperado de <http://www.elsevier.com/locate/conbuildmat>

La resistencia a la compresión para un 20% de PET reemplazado PAC con una relación de 0.42 a / c es de 30.3 MPa. Por lo tanto, el PET reemplazó el concreto con baja relación a / c y alto la trabajabilidad se puede usar para miembros estructurales de hormigón. Se logró una reducción del 4-10% en la densidad con el PAC comparar al NAC. Aunque no se puede clasificar como un peso ligero hormigón todavía proporciona una ventaja sustancial sobre el NAC al reducir el peso propio de la estructura. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016)

Según el estudio de Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017), El uso de varios tipos de fibras, incluido el plástico como fibras en el hormigón, ha demostrado mejorar su rendimiento de muchas maneras. El estudio se llevó a cabo utilizando fibras de PET en relación de

aspecto 30 (60 mm X 2 mm) al que se llamará AR30, 50 (100 mm X 2 mm) al que se llamará AR50 y 70 (140 mm X 2 mm) al que se llamará AR70 e incorporándolas como peso del cemento en diferentes intervalos de 0,6 %, 0.8%, 1.0% y 1.2%. Se estudiaron las propiedades frescas y mecánicas de mezclas de hormigón con fibras de PET.

- Cemento: Se utilizó cemento portland, a IS: 8112 - 1989. La finura (tamizado por tamiz de 90 μ) es del 6% y la gravedad específica (por botella de gravedad específica) es de 3,13.
- Agregados finos: Finos La arena de río disponible localmente se usa como agregados finos de tamaño inferior a 4.75 mm. La densidad aparente y la gravedad específica fueron de 1669 kg / m³ y 3.13 respectivamente conforme a IS: 383 - 1970. Peso de los agregados finos tomados = 1 kg.

$$\text{Módulo de finura de agregados finos} = 322.4 / 100 = 3.22$$

- Agregado grueso: Los agregados gruesos disponibles localmente que tienen un tamaño de 20 mm. La forma de los agregados gruesos fue redondeada. La gravedad específica fue de 2,74 y el módulo de finura fue de 7,33 conforme a IS: 383 - 1970. Peso de los agregados gruesos tomados = 3 kg.

$$\text{Módulo de finura de agregado del curso} = 733/100 = 7,33 \text{ 2.1}$$

- Fibras de PET: se procesaron manualmente con una tijera y herramientas de corte. La parte superior e inferior de la botella se separaron y luego las fibras se obtuvieron con la ayuda de tijera manteniendo las secciones transversales requeridas como 60 mm x 2 mm, 110 mm x 2 mm y 140 mm x 2 mm en forma de tiras (recta) y rizada.



Figura 9. Fibra de PET de 60 mm y 2 mm. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017)



Figura 10. Fibra de PET de 100 mm y 2 mm. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017)



Figura 11. Fibra de PET de 140 mm y 2 mm. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017)

- **Plastificante:** Súper plastificante "Conplast SP 430", IS: 9103 se usó como una mezcla química para concreto como se muestra en la figura 4.2. Se usó un supe plastificante basado en policarboxilato para aumentar la trabajabilidad del concreto sin pérdida de resistencia. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017).

- Agua: Se utilizó agua potable.

El diseño de mezclas fue utilizando IS - 10262: 2009 usadas para el diseño de mezcla. Las proporciones finales de mezcla fueron:

- 1: 3.22: 7.33: 0.4: 0.018 (Siendo el orden cemento: agregado fino: agregado grueso: relación agua cemento: aditivo)

El curado se realizó en tres muestras, cada una para resistencia a la compresión, a tracción y flexión con el reemplazo de 0,6%, 0,8%, 1% y 1,2% respectivamente en peso de cemento y tres relaciones de aspecto como AR30, AR50 y AR70. Las muestras se curaron durante 7 días y 28 días. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017).

Para las propiedades del concreto en estado fresco se obtuvo:

- Trabajabilidad: La trabajabilidad de la mezcla de concreto disminuye linealmente con la incorporación de fibras de PET para todas las relaciones de aspecto.
- El concreto de fibra de PET en tiras tiene una alta trabajabilidad en comparación al concreto de fibra de PET rizado.

Propiedades del concreto en estado endurecido se obtuvo

- Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión del concreto de fibra de PET con la adición de 1% de fibra y en AR50, da buenos resultados entre todas las mezclas de concreto de fibra de PET. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017).
- El concreto de fibra de PET rizado tiene una alta resistencia a la compresión en comparación con el concreto de fibra de PET en tiras. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017).

Se hizo bastante evidente que, con la incorporación de fibras en mezclas de hormigón, la trabajabilidad disminuyó. La densidad seca y la densidad húmeda de las mezclas mostraron un signo positivo debido a la incorporación de fibras normales. Desde el punto de vista de la resistencia,

las muestras incorporadas de fibras de PET mostraron una incorporación del 1% como nivel óptimo de incorporación.

Según el estudio de Nabajyoti Saikiaa, Jorge de Brito (2012), evalúa las resistencias de compresión de 7, 28 y 91 días (fcm), desviaciones estándar y promedio de hormigón con agregado de plástico como una sustitución de 0 (referencia), se dan 5%, 10% y 15% de agregado natural, concluyó que la resistencia a la tracción del hormigón de referencia y los hormigones que incorporan PP (plástico en hojuelas, copos o pellets) y 5% y 10% de PF (Porción fina) son casi iguales o ligeramente más bajos que el valor de Euro código 2 – Diseño de estructuras de concreto.

Según el estudio de Sánchez et al (2014), se elaboró hormigón con adición de plástico multicapa (pp, opp y pvc) como sustitución del agregado grueso. Los pasos para el desarrollo de la investigación fueron: estudio de los materiales, diseño de mezclas, análisis del rendimiento del concreto con plástico, estudio del concreto fresco y endurecido, Estudio de la conductividad térmica del concreto con plástico.

Para el cemento:

- Cemento: se usó cemento normal
- Densidad relativa: 3,15

Para el aditivo: plastificante

Para el Plástico multicapa: el material plástico se clasificó para conocer las características físicas como:

- densidad relativa: 0.83 kg / dm³
- Módulo de fineza: 6.18.

Para el agregado grueso:

- Se utilizó piedra triturada
- Tamaño máximo: 19 mm
- Densidad relativa: 2,78 kg / dm³
- Absorción: 0,75%.

Para el agregado fino:

- Se utilizó arenas naturales (finas y gruesas) para obtener curvas granulométricas constantes bajo el límite, de acuerdo con las normas actuales argentinas, IRAM 1627 (1997).
- Módulo de finura: 3,11
- Densidad relativa: 2,63 kg / dm³
- Absorción: 0,9%

Para el diseño de mezclas:

- Se diseñaron para tres grupos de concreto:
- Concreto de referencia sin plástico
- Concreto con un reemplazo del 10% del volumen de agregado grueso para plástico de múltiples capas.
- Concreto con un reemplazo del 20%.

Se tuvieron los siguientes resultados de los ensayos:

- Slump: Para la muestra con 0% presenta un slump de 5 cm, para la que contiene 30 kg de plástico, asentamiento de 3 cm y para la de 58 kg de plástico, asentamiento de 2 cm. El asentamiento disminuye a medida que se le añade más PET. Sánchez et al (2014).
- Resistencia a la compresión: A los 7 días de edad, la resistencia a la compresión presenta reducciones de un orden del 15% en el hormigón con plástico. A los 28 y 90 días de edad, la diferencia de la resistencia a la compresión entre el hormigón modelado y el hormigón con la adición de un 20% de plástico es significativa. Sánchez et al (2014).

El concreto con PET estado fresco muestran que, aunque la forma irregular y angular del plástico multicapa dificulta el trabajo con el hormigón disminuyendo su asentamiento, es posible obtener una buena cohesión de las partículas y utilizar esta mezcla en la elaboración de prefabricado de objetos. La reducción del asentamiento se puede

compensar con un aumento de agua y cemento. Aunque esto aumentaría su costo. Sánchez et al (2014).

En estado endurecido, la resistencia disminuye a medida que aumenta el porcentaje de la incorporación de residuos plásticos. Sin embargo, los resultados son buenos en comparación con la resistencia mínima exigida para un hormigón ligero estructural, lo que nos permite tener un menú de placas de cojinetes y placas sin cojinetes. Sánchez et al (2014).

3.5.6 Ensayos de mortero con PET adicionado

Muchas veces las pruebas piloto para determinar los % de PET en el concreto o el posible comportamiento en nuevos elementos se realiza con ensayos al mortero que es la mezcla de agua, cemento y arena fina. Para evaluar la reacción del cemento con nuevos componentes, ya que como se revisó en el punto 3.5.5, la relación agua cemento es determinante para los diseños de mezcla y propiedades.

Estudios como el de Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015), referente a morteros de ladrillo de arcilla y PET reciclados en el que los morteros con adición de PET presentan una baja absorción de agua, siendo esta 0.87%, presentan una alta resistencia al ataque de sulfatos y a iones cloruro. Para los ensayos de compresión del mortero se realizó la adición de ceniza volante al compuesto de PET reciclado y ladrillo de arcilla en polvo en el cual se tiene una mezcla de fusión más homogénea. En la investigación se utilizó como adición además del PET, ceniza volante a un 10% al 15%, el contenido de PET se redujo dando como resultado una menor resistencia. Por lo tanto, se seleccionó el 10% de la ceniza volante. Se comprobó que el mortero PET podría usarse para prefabricar ladrillos o barreras, ya que presenta una baja absorción de agua de 0.87% y alta resistencia a la penetración de iones cloruro y ataque de sulfato. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015).

3.5.7 Métodos de fabricación de ladrillos y adoquines con PET reciclado

Los ladrillos son unidades de albañilería de menor dimensión que los bloques, sin embargo, los ensayos y la función de su uso para la tabiquería

es similar, es por eso, que se tomará como referencias bibliográficas la incorporación de PET en la fabricación de ladrillos.

Según el estudio de Martínez y Cote (2014), en el cual se propone el diseño y la fabricación de ladrillo de cemento con PET reciclado. Se analizan 9 tipos de muestras con determinados porcentajes de cemento y PET, y se realiza el siguiente procedimiento para la elaboración de ladrillos:

- Se recolectan y clasifican las botellas PET.
- Luego se introducen a la máquina trituradora, para obtener escamas.
- Se fabrica el molde en madera con las dimensiones 23X10X4 (cm); estos moldes son los usados para los ladrillos que se usan en los muros portantes. Martínez y Cote (2014).
- Se coloca en el molde cemento, agua, en las proporciones de la tabla a continuación:

Tabla 14.

Proporciones de cemento y PET

Cemento (% en proporción en peso)	PET (% en proporción en peso)	Muestra	No de muestras
90	10	M1	5
80	20	M2	5
70	30	M3	5
60	40	M4	5
50	50	M5	5
40	60	M6	5
30	70	M7	5
20	80	M8	5
10	90	M9	5

Nota. Recuperado de INGE CUC, Vol. 10, N° 2, pp 76-80, diciembre, 2014.

- Luego se llena la mezcla en los moldes. Martínez y Cote (2014).
- Se da la forma cuadrada y luego sacar el molde para dejar los ladrillos a la luz solar durante 1 día. Martínez y Cote (2014).

- Luego se colocan los ladrillos en un tanque, que debe estar lleno de agua, donde se cura por 7 días. Martínez y Cote (2014).
- Se retiran los ladrillos del agua y se llevan a un espacio fresco con un techo, el espacio debe estar a temperatura ambiente. Martínez y Cote (2014).
- El proceso de almacenaje consiste en colocarlo uno sobre otro durante 28 días. Martínez y Cote (2014).
- Luego son llevadas 3 muestras al laboratorio para el ensayo de resistencia a la compresión. Martínez y Cote (2014).

3.5.8 Propiedades y ensayos a ladrillos y adoquines de cemento con PET

Según el estudio de Martínez y Cote (2014), las muestras M1 y M2 mostradas en la tabla N° 14, no se tomó para la investigación debido al bajo contenido de PET, así mismo, las muestras M8 y M9 se desestimaron por la gran cantidad de PET, lo cual no permite el prensado del ladrillo. Se realizaron ensayos de compresión, y se compararon con ladrillos convencionales (utilizados en Colombia). Si bien es cierto los ladrillos con mayor %de cemento tenían una mejor resistencia, se seleccionó la muestra M5 (50% PET y 50% Cemento), ya que, Comparado con los ladrillos tradicionales (Colombia), tienen mayor resistencia que estos. Los resultados muestran un producto resistente comparable con los comerciales según la norma NTC (Norma Técnica Colombiana) 673; la muestra óptima presenta un esfuerzo de compresión de 5600 kgf en comparación con los ladrillos comerciales, que presentan un esfuerzo máximo de 4480 kgf. El peso del ladrillo seleccionado (M5) es de 900 gr, en comparación con el ladrillo de arcilla, que aproximadamente pesa 1450 gr. En cuanto al uso de escamas, esta forma permite un incremento del límite plástico del PET, lo cual permite el aumento de la resistencia.

Según el estudio de Di Marco y León (2017)., se realizaron los siguientes ensayos:

- Para el cemento: se utilizó cemento Portland hidráulico tipo 3 marca Argos.

- Para el PET: se determinará su densidad, resistencia al impacto a esfuerzo máximo y energía absorbente.
- Agregado pétreo (Arena): se le realizará el análisis granulométrico por tamizado, el peso específico y absorción, masas unitarias sueltas y compactas.
- Agua: potable.
- Diseño de muestra la muestra patrón y del ladrillo reforzado con adiciones porcentuales de PET (20%, 25%, 30%, 35% y 40%). Elaboración de 30 especímenes (macizo tipo tolete) para pruebas de absorción y flexo-compresión, incluyendo los ladrillos patrón (con 0% de adición de PET). Di Marco y León (2017).

Los porcentajes de PET fueron utilizados debido a la revisión bibliográfica del autor, tomando valores de 20% al 40%. Según el estudio llamado Análisis y diseño de experimentos (Montgomery 2004).

En la tesis de la Universidad Nacional titulada "Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora" de Arrieta y Peñaherrera (2001), determinaron que la dosificación 1:5:2 (cemento: arena: piedra) era la más adecuada, y su relación agua - cemento es el 50% del peso del cemento, tal es así, que se escogió esta proporción para la investigación. Di Marco y León (2017).

El porcentaje de adsorción en los ladrillos elaborados con adición de PET cumplen en todas las dosificaciones porque el porcentaje es menor del 12% como valor promedio establecido en dicha norma colombiana. Di Marco y León (2017).

Teniendo como punto de comparación los ladrillos ya existentes, es posible mejorar la capacidad de carga (módulo de Rotura, (Mr.)) de los adoquines con la adición del material reciclado PET; por lo tanto, es viable el uso del PET como materia prima reciclada para la fabricación de ladrillos, ya que no se ve afectado su resistencia y por ende el desempeño del mismo. Di Marco y León (2017).

Según los estudios de Santiago et al (2015), se usó RPET (PET reciclado), para fabricar adoquines. El adoquín de rpet (pet reciclado) se diseñó para ser empleado en la construcción de andadores y pavimentos o carpetas de rodamiento.

La prueba de compresión al adoquín. En comparación con adoquines elaborados con grava y arena, que tienen un peso promedio de 7.25 a 8.25 kg por pieza, y aproximadamente resistencia de compresión de 300 kg/cm², el adoquín de rpet presenta ventajas de uso, ya que no sufre fracturas o deformaciones considerables en la parte superior, los refuerzos internos evitaron dichos fenómenos. Santiago et al (2015),

3.5.9 Métodos de fabricación de bloques de concreto con PET

El estudio de Gaggino (2008), se basó en la fabricación de ladrillos, bloques y placas de concreto con PET adicionado, sin embargo, para fines de esta investigación sólo se describirá los bloques de concreto.

La fabricación de bloques de concreto con PET reciclado adicionado sigue la siguiente tecnología:

- Se utiliza el PET triturado, para lo cual se sacan las etiquetas ni tapas a las botellas, el procedimiento de fabricación es igual al de bloques convencionales, con la diferencia que se sustituye los áridos por plástico reciclado. Gaggino (2008).
- La mezcla de concreto se coloca en una máquina para fabricar bloques o en moldes tipo manual y se realiza una compactación mecánica manual. Gaggino (2008).
- Se desmolda y los elementos deben ser curados con agua en forma de lluvia, o sumergidos en una poza de agua. Gaggino (2008).
- Su utilización será a los 28 días de ser fabricados.

Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016), La investigación tuvo como propósito usar agregados de plástico en proporciones variables de 5% a 30% para reemplazar al agregado grueso. El reemplazo se realizó por sustitución volumétrica. Se realizó el siguiente proceso:

- Las materias primas en proporciones calculadas se mezclaron a fondo en el mezclador de hormigón.
- Se prepararon bloques de hormigón conforme a IS 2185: 2005 (Norma de la India sobre unidades de mampostería de concreto, bloques de concreto hueco y sólido) con un tamaño de 300 mm X 200 mm X 150 mm.
- Los bloques moldeados se dejaron curar durante 28 días y el curado se realizó rociando agua.
- Después del correcto curado, los bloques de concreto se probaron para determinar la resistencia a la compresión, la absorción de agua, la densidad de bloques, el peso y la comparación de costos con los bloques de concreto comunes.

Según los estudios de Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017), se realizó la fabricación de bloques de concreto de la siguiente manera:

- Todas las proporciones de la mezcla de concreto eran en peso, y el volumen de cada bloque era una forma estándar de 7x7x7cm.
- Todas las muestras fueron realizadas tres veces. El cemento, la arena y el agua se mezclaron bien antes de agregar los copos de plástico que ayudaron a unir el cemento y los agregados.
- El concreto se vertió en el molde.
- Luego se dejó secado al sol en un área bien ventilada.
- En el experimento, la mezcla se dejó curar durante aproximadamente 28 días.
- En la fecha programada, se quitaron los moldes y se pesaron los bloques para calcular la densidad antes de ensayarlos por compresión.

Bezerra et al (2010), afirma que los bloques de hormigón necesitan precauciones en el proceso de dosificación, entendido como un conjunto de operaciones para el establecimiento de un diseño de mezcla, teniendo en cuenta la consistencia del hormigón similar a la tierra húmeda, no la consistencia plástica. Cuando el concreto presenta consistencia plástica, ocupa todos los espacios que dejan los agregados, mientras que en el concreto para la

producción de bloques hay una presencia significativa de aire en la mezcla. En eso, es posible afirmar que el concreto para bloques no sigue el principio del concreto plástico, en el que cuanto menor es la cantidad de agua, mayor es la resistencia. Bezerra et al (2010).

El concreto seco tiene como características una baja relación de agua / materiales secos, gran consistencia (asentamiento nulo), alta cohesión y la forma en que se elimina el aire preso mediante el equipo de compactación. Bezerra et al (2010).

En la investigación, se utilizó el diseño de mezcla determinado por F.B. Fonseca, llamado “Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeitos de construção e demolição”(2002), una vez que se trata de un hormigón con consistencia húmeda, no de plástico, y no tiene un método de dosificación establecido. Bezerra et al (2010).

Bezerra et al (2010), desarrollaron el siguiente procedimiento para la elaboración de bloques de concreto.

- El proceso de moldeo y consolidación en una industria de bloques de hormigón, utilizando una máquina vibroprensadora hidroneumática, consiste en el lanzamiento de hormigón, consolidación mediante vibración y compactación mecánica mediante varillas, desmoldeo de hormigón, transporte al lugar de almacenamiento, curado inicial y adecuado hora. Bezerra et al (2010)
- En esta investigación, una vez que no fue posible producir bloques de hormigón con 39x14x19cm porque la máquina de vibro prensa en el laboratorio tenía un problema y debido a la imposibilidad de moldeo manual, se decidió moldear muestras cilíndricas de 5 cm x 10 cm a las pruebas de caracterización mecánica. Bezerra et al (2010)
- La consolidación del concreto se hizo manualmente en el molde cilíndrico, dividido en tres capas, cada una de las cuales recibió una energía de compactación de 12 golpes. Las dos primeras capas se consolidaron utilizando una varilla de metal, mientras que la tercera se compactó con un manipulador. Tanto la varilla de metal como el

tamper se usaron para simular la consolidación del concreto en máquinas de vibroprensas hidroneumáticas. Bezerra et al (2010)

- La Consolidación simulada de varillas metálicas en mesa vibratoria y compresión mecánica simulada de tamper por varilla de compactación. Bezerra et al (2010)
- Este tipo de consolidación se adoptó con el objetivo de expulsar el aire incorporado en el hormigón, tratando de representar la realidad que se encuentra en las industrias de bloques de hormigón. Bezerra et al (2010)

Según los estudios de García de los Santos et al (2013). Las variables para cada muestra fueron la grava y el PET. Los porcentajes utilizados fueron:

Tabla 15.

Cantidades de gravilla, cemento y plástico utilizado.

Sustitución	Gravilla	Cemento	Plástico ABS
Normal (0%)	575 Kg	103 Kg	-
10%	473 Kg	103 Kg	0.0326 m ³
25%	394 Kg	103 Kg	0.0823 m ³
40%	315 Kg	103 Kg	0.13 m ³

Nota: García de los Santos et al (2013).

Se fabricaron 380 bloques, los cuales fueron: 96 normales o 0%, 96 de 10%, 94 de 25% y 96 de 40%, se procedió a llevarlos a la cámara de curado, para luego almacenarse bajo techo y ser muestreados aleatoriamente (5 de cada sustitución) para los ensayos de resistencia de 7,14 y 28 días y de absorción luego de 24 horas de inmersión. En la imagen 1 se muestra el proceso simplificado. García de los Santos et al (2013).

Las variables operativas de velocidad de compactación y tiempo de demuestran una reducción en la velocidad y el consecuente aumento en el tiempo debido a la granulometría e inferior peso del plástico triturado que permitió un reacomodamiento de las partículas y aumento del consumo de material por parte de la máquina vibro compactadora; causa directa a su vez, de la reducción en el rendimiento con el aumento del plástico.

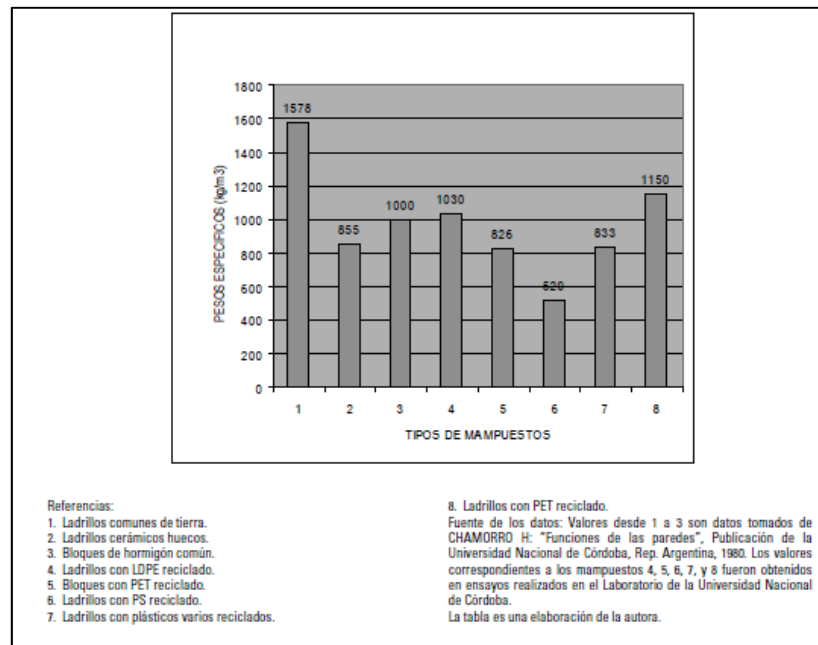
3.5.10 Propiedades y ensayos a bloques de concreto con PET

En el estudio de Gaggino (2008), las propiedades medidas fueron:

- Peso específico, los bloques de plástico reciclado son livianos.
- Conductividad térmica, proveen una buena aislación térmica
- Resistencia mecánica, tiene una resistencia menor al de otros elementos tradicionales, pero suficiente como para ser utilizado como cerramientos de viviendas con estructuras antisísmicas. Gaggino (2008).
- Absorción de agua, tienen buena absorción de agua.
- Resistencia al fuego, probó en Ensayo de Propagación de Llama realizado en el laboratorio de INTI, del cual surge su clasificación como “Clase RE 2: Material combustible de muy baja propagación de llama”. Gaggino (2008).
- Permeabilidad al vapor de agua, es similar al de otros materiales de construcción.

Tabla 16.

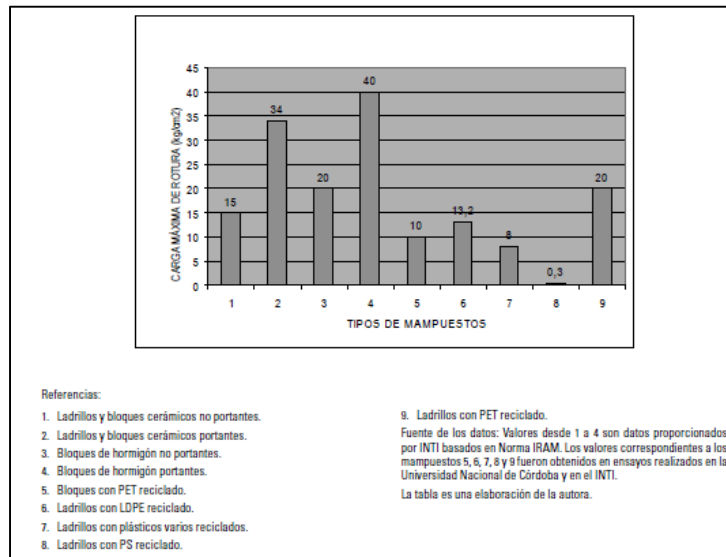
Peso específico de mampuestos



Nota: Gaggino (2008)

Tabla 17.

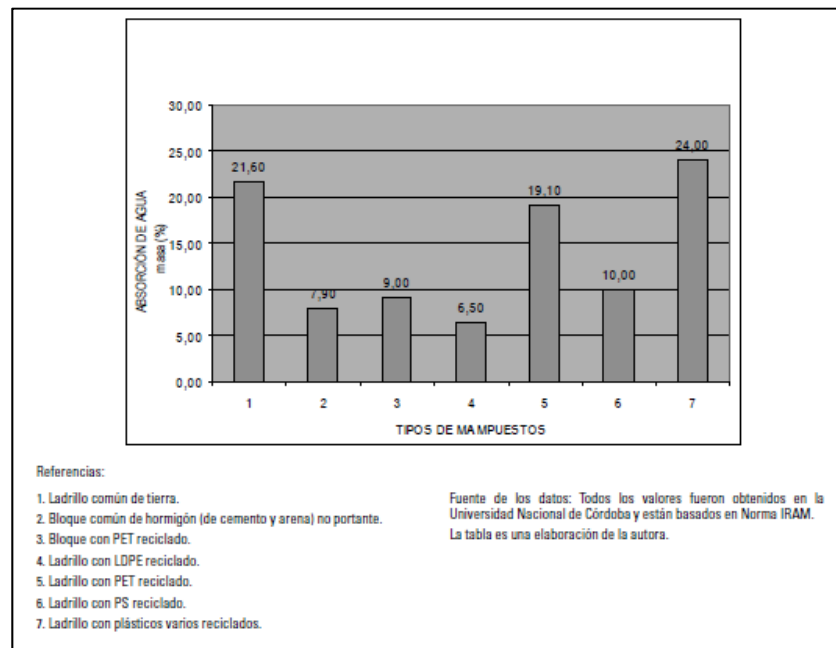
Resistencia a la compresión de mampuestos



Nota: Gaggino (2008)

Tabla 18.

Absorción de agua en mampuestos



Nota: Gaggino (2008)

Del estudio de Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016), se tuvieron los siguientes resultados para los ensayos realizados:

- Propiedades del cemento:
 - Gravedad específica: 3.125
 - Consistencia estándar: 36%
 - Tiempo de fragua inicial: 65 min
- Propiedades del agregado fino (arena):
 - Gravedad específica: 2.63
- Propiedades del agregado grueso (piedra triturada):
 - Gravedad específica: 2.79
 - Valor de aplastamiento: 26.3%
 - Tamaño máximo nominal: 12.5 mm
- Propiedades del agregado de plástico:
 - Gravedad específica: 0.9
 - Valor de aplastamiento: 1.5

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- A partir de los resultados de la prueba, se encontró que el porcentaje óptimo de agregados plásticos para el reemplazo parcial de agregados gruesos se encuentra entre 15% y 20%, sin embargo, en bibliografía revisada por el autor el rango de porcentaje es de 5% a 30%. Según la tabla adjunta:

Tabla 19.

Rangos de agregado de plástico adicionado vs resistencia a la compresión

% of plastic aggregates added	Compressive strength(N/mm ²)
15	3.12
16	1.79
17	1.53
18	1.12
19	0.78

Nota: Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016).

- El tipo de plástico utilizado para la investigación fue LDPE, polipropileno de baja densidad.
- El porcentaje óptimo de sustitución de agregados gruesos con agregados plásticos que proporcionan la resistencia a la compresión máxima es del 15%.
- La resistencia a la compresión de bloques de concreto sólido con reemplazo de agregado de plástico es ligeramente menor que sin reemplazo.
- Los bloques de concreto sólido con agregados de plástico se pueden usar como bloques de concretos livianos ya que su peso es menor que el de los bloques de concreto comunes.
- También se encontró que la absorción de agua y la densidad de bloques son menores para los bloques de concreto de plástico incorporado.

Tabla 20.

Resultados de los ensayos a los bloques de concreto incorporado y bloques de concreto ordinarios

Property	Plastic incorporated concrete block	Ordinary concrete block
weight	16.2 kg	19.8 kg
Block density	1800 kg/m ³	2200 kg/m ³
Water absorption	2.6%	4%

Nota: Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016).

Según los estudios de Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017), se realizó el siguiente comparativo en cuanto a los métodos y porcentajes de PET adicionado:

Tabla 21.

Resumen de autores que utilizaron plástico para bloques de concreto

Researcher	Size	Comparison	
		Replacement (%)	Ratio
Mazouk et al., 2007	Plastic flakes filtered into three sizes: (1) Type A, 5mm(2) Type C, 2 mm (3) Type D 1mm	Compressive strengths of blocks compared by replacing sand with plastic flake aggregate at 2, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 70, and 100 %	Cement to aggregate ratio (C/A) was 2: 2.8, and water to cement ratio (W/C) was 0.5
Rahmani et al., 2013	Plastic flake filtered from 7 mm to 150µm, with the largest percent filtered to approximately 2 mm.	Compressive strengths of blocks compared by replacing sand at 0, 5, 10, and 15%	Cement : Gravel :Sand ratio of 1: 2: 1.5 and water to cement ratio (W/C) = 0.42 and (W/C)= 0.54
Albano et al., 2009	Plastic flakes filtered into: Small (S) 2.6 mm, Large (L) 11.4 mm, mixed with 50/50 small and large	Compressive strengths of blocks compared by replacing plastic at 0, 10 and 20%	Water to cement ratios(W/C) of 0.5 and 0.6
Shalaby et al., 2013	Plastic flakes filtered to the fineness modulus of 5.73 mm.	Compressive strengths of blocks compared by replacing 0, 10, 20, 30, and 50% of the sand with plastic.	Cement to aggregate ratio (C/A) was 1:3, and water to cement ratio (W/C) of 0.46
Rahman et al., 2013	Plastic flakes filtered into two sizes: 1) 2 mm and 2) 3 mm.	Compressive strengths of blocks compared by replacing sand at 0, 3, 7, 20, and 30%	Cement to aggregate ratio (C/A) was 1:3, and water to cement ratio (W/C) of 0.45
Akpaözoglu et al., 2013	Plastic flakes filtered ranging from 0.5 mm to 4 mm., with most flakes being 2 mm. or 67% of the total	Compressive strengths of blocks compared by replacing sand at 0, 30, 40, 50, and 60%	Cement to aggregate ratio (C/A) was 1:3, and water to cement ratio (W/C) of 0.5

Nota: Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

En general, cada parámetro de investigación mencionada: 1) El tipo de plástico utilizado. 2) El concreto y agregado constituyentes. 3) Las variables definitorias de la mezcla, como razones y cantidades. 4) La prueba de la mecánica propiedades de los bloques en cuanto a resistencia, conforman el diseño de bloques de concreto con pet adicionado. Los 6 autores utilizaron Pet en escamas, copos u hojuelas, con diferentes dimensiones de bloques. Con relaciones agua/ cemento en un rango de 0.42 a 0.60. Con porcentaje de plástico agregado de 2% a 70%.

El método de proceso para determinar el porcentaje de PET en copos o escamas añadido al concreto, sigue la siguiente metodología:

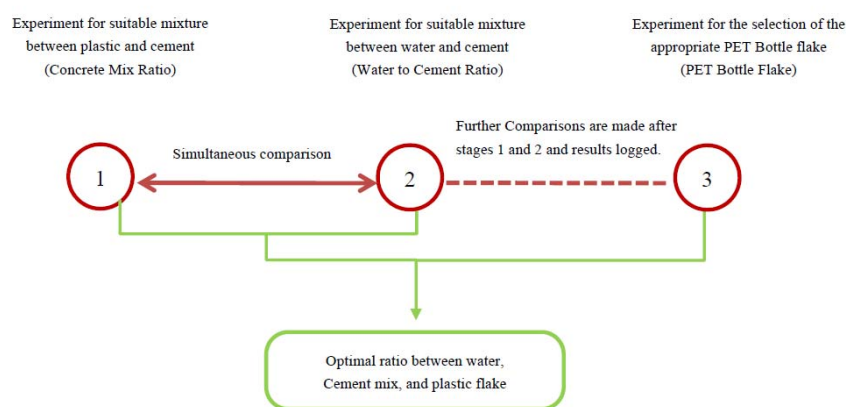


Figura 13. Metodología de desarrollo. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

La evaluación está dividida en el análisis de: (1) Ratio de la mezcla de concreto, comprendido por la mezcla adecuada entre cemento y plástico. (2) Ratio de agua y cemento, comprendido por la mezcla adecuada de agua y cemento y (3) Botellas de PET en copos, hojuelas o escamas, comprendido por la selección adecuada de botellas de PET en escamas. Esto era determinado para el reemplazo de la arena en la mezcla, luego de esto las hojuelas de plástico reemplazaban al agregado en varias proporciones. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Este estudio desarrolló tal bloque de arena los evaluó para la resistencia a la compresión integrando cuatro principales factores: (1) la relación de cemento a agregado, (2) la proporción de agua a cemento, (3) el tamaño de los copos de

plástico utilizados y (4) la proporción de copos de plástico que reemplazó a la arena. Los hallazgos revelaron que el uso de una relación de cemento 1: 3 a agregado, donde la mezcla de áridos comprende 20% de copos de plástico de tamaño pequeño y mediano (combinados a 1: 1) más un 80% de arena y una proporción de agua a cemento de 0.5, proporcionó la resistencia a la compresión óptima para formar un bloque de concreto que se puede usar para construir una pared sin carga. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Los resultados del estudio indican que los bloques de concreto, con escamas de plástico que reemplazan arena en la mezcla de mortero en una proporción de 20% en peso, pueden usarse en la construcción de una pared sin carga. Las recomendaciones del autor son aumentar la proporción de cemento a agregado a 2:3 o más. Utilizar relaciones agua /cemento a 1:2.5 (disminuir la relación agua cemento de la desarrollada en la investigación). Para bloques de concreto que tienen un alto nivel de resistencia a la compresión el reemplazo de arena por agregado de copos de plástico podría ser tan alto como 25-30% o más. Estos bloques de hormigón todavía se pueden utilizar porque la compresión la resistencia sería superior al estándar de 2 MPa. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).

Bezerra et al (2010), estudiaron la dosificación y producción de bloques estructurales de hormigón con Polietileno Tereftalato micronizado incorporado. Del diseño de la mezcla obtenida, se estableció un contenido de 2,5%, 5,0%, 7,5% y 10% de PET que reemplaza el cemento fino y se evaluó la resistencia a la compresión a las edades de 7 y 28 días. Se observó que para todas las edades el reemplazo del cemento por PET promovió una reducción en la resistencia en comparación con el concreto de referencia, pero los resultados cumplieron los valores establecidos por el método de prueba ABNT NBR 6139/2008 (Norma brasilera de la dosificación y producción de bloques de concreto).

En este estudio, se realizaron pruebas de caracterización de agregados, cemento y PET micronizado. Luego, se realizó el estudio de dosificación del concreto seguido de la determinación de las propiedades del concreto fresco y

endurecido. Las pruebas realizadas en la fase de caracterización de los materiales se describen a continuación.

Propiedades de los materiales utilizados:

- **Agregados**
 - Granulometría
 - Gravedad específica
 - Peso unitario
 - Materiales pasantes de la malla n°200
 - Absorción
- **Cemento**
 - Gravedad específica, con el método de Le Chatelier
 - Finura del cemento

Se resumen las propiedades en la siguiente tabla:

Tabla 22.

Ensayos a los componentes del concreto

Ensayos	Agregado grueso	Agregado Fino	Cemento
Densidad	2.63 g/cm ³		
Módulo de fineza			1.40%
Gravedad específica saturada superficialmente seca	2.64 g/cm ³		
Gravedad específica aparente	2.67 g/cm ³		
Gravedad específica		2.618 g/cm ³	3.10 g/cm ³
Peso Unitario		1.429 g/cm ³	
Contenido pasante de la malla n°200		0.07%	
Absorción	0.66%		
Modulo de fineza	6.19	2.42	
Tamaño máximo	6.3 mm	2.36 mm	

Nota. Recuperado de Bezerra et al (2010).

- **Pet**

- Análisis químico: consiste en enviar la muestra a una fluorescencia de rayos X, en la que se identifican los componentes físico-químicos del material. El material (PET) se procesó en tamiz N° 200 (apertura: 0,074 mm). Bezerra et al (2010).

Tabla 23.

Composición química del PET

	Determination (%)						
	LF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	K ₂ O
Micronized PET	0.24	38.70	31.21	14.31	6.76	5.77	3.25

Nota. Recuperado de Bezerra et al (2010).

- Difracción de rayos X: Esta técnica permite la determinación de la estructura de sólidos cristalinos, la disposición atómica en retículas cristalinas o en un único cristal de una sustancia particular, basándose en los patrones de interferencia de x radiación difractada por las retículas, permitiendo la determinación de los elementos principales que componen el material. Bezerra et al (2010).
- Diferencial térmico (DTA) y análisis gravimétrico térmico (TGA): Se realizaron análisis de diferencial térmico (DTA) y gravimétrico térmico (TGA) de PET. Bezerra et al (2010).

Ensayos al concreto fresco y endurecido:

- Slump
- Resistencia a la compresión: Las muestras tenían 5 cm de diámetro y 10 cm de altura y se usaron en la determinación de la resistencia a la compresión con reemplazo de cemento por PET en el porcentaje de 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10.0%.

Los resultados del ensayo de compresión mejoran en la fuerza en los primeros siete días es alta en comparación con la mejora a los 28 días.

Este comportamiento es causado por el tipo de cemento utilizado, que era HES cemento Portland tipo V. Además, este concreto tiene una caída nula. Como la mejora de la fuerza después de los siete primeros días no es muy significativa, se cree que el concreto de asentamiento nulo podría estar más influenciado por las condiciones climáticas en las primeras edades, en otras palabras, curar tiene gran importancia para evitar la pérdida de agua y la pérdida de resistencia a la compresión.

Según el estudio de García de los Santos et al (2013), Se medirán las variables de resistencia a la compresión, peso y absorción de los bloques, basados en las normativas ASTM C90-09 de especificaciones para elementos de mampostería estructural, ASTM C140-09 de métodos para ensayos y muestreo de elementos de mampostería y en segundo plano la ASTM C1314 de métodos de ensayos para elementos de mampostería prismática. A la vez que se comparara la granulometría de los agregados minerales y plásticos siguiendo las especificaciones ASTM C33-99 y ASTM C331 respectivamente.

Tabla 24.

Variables, indicadores y técnicas.

Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Porcentaje de plástico ABS	Porcentaje (%)	Sustitución volumétrica de gravilla por plástico ABS	Cubeta / Carretilla
Peso	Libras	Medición del peso	Balanza
Resistencia	Mega Pascales (MPa)	Medición de la resistencia	Prensa con capacidad mínima de 50 toneladas
Absorción	% de humedad	Relación aumento relativo del peso con peso seco	Tanque de inmersión y Balanza
Rendimiento	Unidades de bloques	Contabilizar plantillas	Plantillas con capacidad para 4 bloques de 6"
Tiempo de compactación	Segundos	Monitoreo máquina Besser	Maquinaria automatizada
Velocidad de compactación	Ciclos/min	Monitoreo máquina Besser	Maquinaria automatizada

Nota. Recuperado de García de los Santos et al (2013)

Se realizaron los siguientes ensayos:

Peso, absorción y resistencia: Se logró una mejora en el peso por unidad (se redujo en un 10%) para la sustitución de 40% y resistencias superiores para la sustitución de 10% y 25% contra la de 0%. Se realizó la siguiente comparativa:

Tabla 25.

Resumen de resultados que influyen en la factibilidad operativa.

Variable	Bloques convencionales	Bloques con plástico ABS			Tendencia
		10%	25%	40%	
% de plástico ABS	0%	10%	25%	40%	-
% de absorción	3.39%	3.52%	3.74%	3.97%	Empeoró/cumple ASTM C90
Peso (Lbs)	30.55	30.99	30.22	28.54	Mejóro
Resistencia a la compresión a los 7 días (MPa)	14.21	16.17	16.04	13.82	Mejóro
Rendimiento (Ud.)	96	96	92	96	Similar

Nota. Recuperado de García de los Santos et al (2013)

Se obtuvo que el bloque de 6", es factible, con un proceso de fabricación igual que a los bloques convencionales. El uso del PET reduce el peso específico del bloque, para una sustitución de 40% de gravilla. Este bloque supera al bloque convencional en resistencia a los 7, 15 y 28 días en el caso de la sustitución de 10% y 25%, siendo ideales como mampostería estructural.

Según el estudio de Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khampute (2015), los bloques de concreto liviano moderado, en los que parte del agregado fino fue reemplazado por plástico residual. Seis muestras de pared de gran tamaño se diseñaron y fabricaron mediante el uso de bloques de hormigón de tipo nuevo. Se analizaron el patrón de falla, la resistencia al corte, la disipación de energía y la capacidad de ductilidad de las paredes. Los resultados de la prueba mostraron que la resistencia al corte de las paredes del bloque de concreto disminuyó con el aumento de la proporción de plástico, mientras que la ductilidad aumentó. Se concluye que los bloques moderados de hormigón liviano presentaron buenas propiedades mecánicas apropiadas para el uso en la construcción

El hormigón utilizado en esta prueba se obtuvo modificando el peso bruto del hormigón mediante la sustitución de 100 g, 150 g o 200 g de agregado fino con plástico. Se muestran en la tabla los materiales utilizados y los porcentajes.

Tabla 26.

Propiedades de los materiales usados en los ensayos.

<i>Categories</i>	<i>Fine Aggregate</i>	<i>Categories</i>	<i>Plastic EVA</i>
Average Specific Gravity	2.7	Specific Gravity	1.14
		Density	0.956 g/cc
Average Absorption	1.0%	Melting Point	96 °C
		Elongation at Break	>750%
Free Moisture	2.0%	Soften Point	110°C

Nota. Recuperado de Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamputc (2015).

Tabla 27.

Propiedades de los bloques de concreto.

<i>Sample</i>	<i>Cement (g)</i>	<i>Fine Aggregate (g)</i>	<i>Plastic EVA (g)</i>	<i>Water (g)</i>
EVA 100	600	2500	100	450
EVA 150	600	2350	150	450
EVA 200	600	2300	200	450

Nota. Recuperado de Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamputc (2015).

Para los tres tipos de bloques fabricados se usó cemento Portland ordinario. Se produjeron muestras de bloques de concreto con un tamaño de 19cm ,39cm y 7 cm (longitud, ancho y alto), con un hueco de 5 celdas de 4 cm de diámetro, que son similares al bloque comúnmente utilizado en Tailandia.

Las propiedades estudiadas fueron: resistencia a la compresión, la densidad, la absorción, % de huecos y la permeabilidad.

Se tienen los siguientes valores:

- El contenido de humedad de tres tipos de bloques de concreto, 100, 150 y 200, fue 3.105%, 3.151% y 3.241%, respectivamente. Debido a la adición de materiales plásticos, el peso del bloque se reduce significativamente.

- Los pesos de los bloques de concreto en la edad de 28 días corresponden a 100, 150 y 200 fueron 6.526 kg, 5.756 kg y 5.124 kg,
- Densidad fue de 1258 kg / m³, 1109 kg / m³ y 987.8 kg / m³, respectivamente.
- Resistencia a la compresión del bloque disminuyó con la mayor proporción de plástico. Cuando el plástico aumentó en un 50%, la resistencia a la compresión en 28 días disminuyó en un 12,38%. Cuando el plástico aumentó en un 100%, la resistencia a la compresión disminuyó en un 27,6%. Para el bloque de hormigón con plástico, la resistencia a la compresión temprana se desarrolla lentamente debido a la disminución del consumo de cemento. La resistencia a la compresión de los bloques de hormigón tendió a disminuir con los aumentos en la proporción de plástico en el concreto.

De los estudios de Berreta et al (2013) : En base a las experiencias realizadas hasta el presente se puede decir que los materiales plásticos reciclados(en este caso PET y films para envoltorios de alimentos) son reemplazantes adecuados de los agregados pétreos de hormigones comunes debido a que los elementos constructivos obtenidos tienen un bajo peso específico, suficiente resistencia, excelente aislación térmica, baja absorción de agua, buena apariencia, buen comportamiento a la intemperie, buena adherencia con revoques tradicionales, bajo costo y cualidades ecológicas. Berreta et al (2013).

Según los estudios de Sina Safinia*, Amani Alkalbani (2016), el método de estudio incluyó 8 bloques de concreto, 7 cilindros de concreto y 6 bloques de hormigón hueco. En cada uno se colocaron 500 ml de botellas de plástico. Con el fin de cumplir con la ASTM C140, se realizaron roturas a los 7, 14 y 28 días. El tamaño del bloque de hormigón con botellas de plástico que se utiliza en este estudio es de 200 mm de ancho por 200 mm de alto por 400 mm de largo. Las botellas de plástico crearán los vacíos en el ladrillo alrededor de ocho botellas horizontales (500 ml). Este estudio verifica el estudio de compresión de bloques de concretos embotellados de plástico utilizados con materiales locales. La

proximidad de la resistencia a la compresión y la densidad entre cilindros, bloques de hormigón embotellado y hormigón hueco los bloques son aceptables, Además, en comparación con los bloques de hormigón huecos de Omán, los bloques de hormigón con plástico las botellas muestran un 57% más de resistencia a la compresión.

3.6 Análisis de ventajas, desventajas y limitaciones del método.

a) Ventajas

Las ventajas de realizar revisiones bibliográficas, son la diversidad de estudios y fuentes a nivel de Latinoamérica y a nivel mundial, tanto de estudios experimentales como de estudios descriptivos o una mezcla de ambas.

Las variables consideradas en los diferentes artículos revisados son similares, coinciden en la importancia y el estudio del PET reciclado como adición al concreto, el estudio de las propiedades y ensayos al concreto, la metodología o los pasos que siguieron para desarrollar los experimentos. También es importante resaltar que la mayoría de artículos revisados, toman como base otros estudios realizados con anterioridad y proponen diferentes metodologías para la determinación de los ensayos.

La revisión bibliográfica brinda un amplio conocimiento para el lector, que no conoce del tema y que no ha realizado previamente la parte experimental de la investigación.

b) Desventajas

Las desventajas de esta revisión bibliográfica es que no todos los artículos consideran una explicación de las Normas usadas y que al ser la mayoría de otros continentes como Asia y Europa toman en cuenta sus propias normas técnicas y esto genera la dificultad de compararlas con las normas internaciones como ASTM, ACI, ASSHTO y por ende normas peruanas como NTP y MTC que derivan de estos estándares internaciones.

Otra desventaja es que no todos los artículos describen las variables de interés de la presente investigación (objetivos de la investigación) como: características y propiedades del PET, Normas usadas, ensayos y propiedades de los componentes del concreto y PET, métodos de procesamiento del PET, justificación del método

de procesamiento, métodos de fabricación de bloques de concreto, rangos de % de PET adicionado, entre otros. Realizándose una recopilación variada de distintos artículos para llegar a las conclusiones de la investigación.

De los artículos revisados, según la tabla N° 28, se encontraron investigaciones referentes sólo al análisis del concreto con PET, ladrillos con PET, adoquines con PET y mortero con PET. Siendo pocos los artículos que describen la metodología de bloques de concreto con pet reciclado adicional.

c) Limitaciones

De las limitaciones de la revisión bibliográfica se tuvieron:

- No se encontraron suficientes artículos científicos con respecto a los bloques de concreto adicionado con PET reciclado, ya que esta es una nueva tecnología recientemente estudiada desde el año 2003.
- No existen artículos peruanos y regionales sobre esta metodología, lo cual dificulta también el análisis comparativo con la realidad nacional.
- En algunos artículos se describían ensayos y propiedades fuera del alcance de la investigación y de un nivel de complejidad mayor.
- Debido a que esta investigación se basa solo en el análisis bibliométrico no se tienen rangos fijos de usos del pet reciclado, así como proporciones de los componentes del concreto fijas o de un rango más cercano. Ya que los componentes del concreto como agregados varían mucho dependiendo de la ciudad de aplicación y los artículos revisados fueron de distintos países como: India, Japón, Tailandia, República Checa, Omán, Bangladés, China, Irlanda, entre otros.

Se propone superar estas limitaciones con los siguientes planteamientos:

- Se propone tomar tesis de pregrado, post grado, informes sobre el estudio de este nuevo material.
- Se sugiere motivar realizar mayor investigación sobre nuevas tecnologías que beneficien al reemplazo de materiales en la composición del concreto.
- Se propone utilizar herramientas como mapas de proceso, comparativos, cuadros de control, para tener un mejor entendimiento de la investigación.
- Se recomienda llevar la investigación a la parte experimental.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DE RESULTADOS SEGÚN FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

4.1 Comparativo de metodologías

Se realizó el análisis bibliométrico considerando investigaciones a base de artículos a nivel mundial.

Se realizó el cuadro tomando como base las siguientes variables investigadas:

- Métodos de procesamiento del PET.
- Metodología utilizada para los bloques de concreto.
- Normas Referenciales.
- Ensayos realizados.

Además del año, lugar, autores, título en idioma original y traducido, palabras clave, que facilitaron la búsqueda de los artículos

De los ensayos realizados, se tienen las siguientes conclusiones:

- La mayoría de los artículos revisados, estudian y desarrollan los ensayos de los componentes del concreto como: cemento y agregados. Tales como: Ngoc Kien Bui ,Tomoaki Satomi , Hiroshi Takahashi. (2017), Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun. (2015), Md. Jahidul Islam , Md. Salamah Meherier , A.K.M. Rakinul Islam. (2016), Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal.(2017), Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P. (2016), Bezerra et al. (2010), Sanchez et al. (2014), Di Marco y León (2017), Gaggino (2008).
- Todos los artículos revisados estudian la resistencia a la compresión como ensayo del concreto endurecido.
- En los artículos relacionados a los bloques de concreto se estudian las siguientes propiedades: absorción, peso, resistencia a la compresión y slump. Tales como: Gaggino (2008), Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal.(2017), Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried,

Varsha P. (2016), Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017), Nabajyoti Saikia, Jorge de Brito(2012), Bezerra et al (2010), García de los Santos (2013), Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamput (2015), Sina Safinia*, Amani Alkalbani (2016).

- Tal es así que sólo 8 artículos de los 20 estudiados, hablan sobre la fabricación de bloques de concreto con plástico reciclado incorporado.
- De los 8 artículos sólo 06 hablan del uso del PET, los otros 02 toman otros tipos de plástico reciclado.

De los tipos de plástico reciclado:

Según el estudio de Gaggino (2008), diferentes tipos de plástico se reciclan para diversos usos, estos tipos de plástico son:

- PET (Polietilen – Tereftalato)
- HDPE (Polietileno de Alta Densidad)
- El Cloruro de Polivinilo (PVC)
- El Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
- El Polipropileno (PP)
- El Poliestireno (PS)

De las propiedades y características del PET, lo describen los siguientes autores:

- Propiedades:
 - Jonathan Taaffe, Seán O’Sullivan, Muhammad Ekhlaur Rahman, Vikram Pakrashi (2014), describe al PET como un material liviano.
 - Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015), EL PET reciclado posee un alto rendimiento a prueba de agua, alta durabilidad, buena propiedades mecánicas y eléctricas, y bajo costo de producción. Los valores de las propiedades del PET reciclado realizadas en el estudio fueron: Densidad del PET reciclado: 1.35 g/cm³, Punto de fusión: 260 °C y Absorción de agua: 0.16%.

- Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2016), El PET es un peso ligero polímero, con una densidad relativamente baja, a aproximadamente 15-60 kg / m³.
- Características:
 - El PET presenta baja resistencia a la compresión del hormigón independientemente de la consistencia de la relación agua-cemento. Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016).
 - Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2016). La gran ventaja de usar residuos Las botellas de PET como agregados son la reducción del peso propio del concreto debido a su bajo peso unitario. Si las escamas de botellas plásticas PET se mezclan con, o se usan para reemplazar los agregados de materiales de construcción en general, como la mezcla con concreto o la formación de ladrillos, puede hacer que el material de construcción sea más bajo en peso y densidad.
 - Según el estudio de Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016). Se han desarrollado y adoptado otras opciones para la reutilización residuos de botellas de PET como agregados en morteros y compuestos de hormigón
 - Kateřina Novákováa, Karel Šepsb y Henri Achtena (2017), El PET en particular, tienen la ventaja de ser 100% reciclado.

De los métodos del procesamiento del PET y la presentación:

- La mayoría de los autores parte de la recolección y selección del PET para realizar los ensayos.
- Casi todos los autores de los 8 estudiados lavan el PET a excepción de Gaggino, que menciona en su artículo que no es necesario lavar el PET porque esto se compensa o se soluciona con la mezcla de concreto.
- Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015), habla de la trituración del PET en partículas y usarlo como sustituto del agregado para producir concreto. Ya que el concreto con PET tiene baja absorción de agua y es ligero, este método es la forma más ecológica de reutilizar PET. La desventaja es que al aumentar el

% de PET este reduce propiedades del concreto endurecido como la compresión y la flexión.

- Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016). Trituración mecánica, se ponen en un horno con temperatura que varía entre 280 °C y 320 °C, y el PET fundido se recoge y enfría para lograr PET solidificado. Las pilas de PET se trituran usando una máquina trituradora para obtener el tamaño deseado.
- Gaggino (2008), triturado en fracciones, no son lavadas. Se fundieron a una temperatura de 2200 °C a 2500 °C y se deja enfriar extendiéndose sobre la superficie del suelo. Las rocas de plástico de tamaño entre 100 y 120 mm se aplastaron para obtener el tamaño de los agregados
- Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017). Triturado y rectificado en hojuelas o escama mediante un método mecánico. Se clasificaron en 3 : largo, mediano y pequeño con valores de 1.19 -9.53 mm,
- Nabajyoti Saikia^{a,b}, Jorge de Brito (2012), Los copos gruesos y fracciones finas se obtuvieron después de la molienda mecánica de residuos de PET seguido de limpieza y separación por métodos fisicoquímicos. El pellet de plástico se produce de escamas de plástico. Este material consiste en predefinido e incluso granos de PET de tamaño uniforme, sin contaminación. Luego es centrifugado. Se estudió el PET en tres presentaciones: Los copos gruesos (PC), la fracción fina (PF) y el plástico pellets (PP) se utilizan como agregado de plástico en la preparación de concreto estructural.
- Para el estudio de Di Marco y León (2017), la fabricación de los diferentes especímenes, el PET a utilizar fue el resultado de la trituración de envases plásticos en una máquina que lo deja en hojuelas que pasan el tamíz de ¾" y retenidos en la Malla No. 4.
- Gaggino (2003), se trituran con una máquina para obtener partículas con las siguientes dimensiones: 3 – 8 mm. x 3 - 8 mm., espesor: 0,1 mm.
- Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017). Utiliza PET de 60 mm x 2 mm, 110 mm x 2 mm y 140 mm x 2 mm en forma de tiras (recta) y rizada.
- Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017). fibra de PET rizado. La trabajabilidad disminuye con las fibras

De las Propiedades, ensayos y diseño de mezclas para el concreto con PET adicionado

- Ensayos al cemento:
 - El peso específico del cemento oscila entre 3.13-3.15 KG/M3.
- Ensayos al agregado grueso:
 - Densidad relativa o gravedad específica
 - Densidad aparente
 - Densidad superficialmente seca
 - % de absorción
 - Granulometría
 - módulo de fineza
- Ensayos al agregado fino:
 - Densidad relativa o gravedad específica
 - Densidad aparente
 - Densidad superficialmente seca
 - % de absorción
 - Granulometría
 - módulo de fineza
- Agua: Potable.
- Ensayos al PET:
 - Gravedad específica
 - absorción
 - módulo de fineza.
- Ensayos al concreto fresco:
 - asentamiento o slump
- Ensayos al concreto endurecido:
 - resistencia a la compresión
- Según el estudio de Ngoc, Tomoaki e Hiroshi (2018) Para el Diseño de mezcla se utilizó el diseño ACI 211.1 (re aprobado de 2009) con una relación agua cemento de 0.45.
- Md. Jahidul Islam, Md. Salamah Meherier, A.K.M. Rakinul islam (2016) utiliza el Diseño de mezclas a ACI 291.

Los rangos de PET reciclado como adición a los bloques de concreto utilizados y relaciones agua cemento:

- Rango del PET 5%-15%. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015).
- Rango del PET agregado grueso 20%-50%. Relaciones agua cemento 0.42, 0.48 y 0.57. Recomendán 0.42 relación agua cemento y 20% adición
- Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017). 0.4 relación agua cemento.
- Nabajyoti Saikia, Jorge de Brito (2012), rango de pet de 5%-15% (plástico en hojuelas) Sustitución del agregado grueso
- Sánchez et al (2014). Reemplazo de 20% de pet. A más pet el asentamiento disminuye. La resistencia disminuye a más % de pet.
- Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016), de 5% a 30% para reemplazar al agregado grueso. A partir de los resultados de la prueba, se encontró que el porcentaje óptimo de agregados plásticos para el reemplazo parcial de agregados gruesos se encuentra entre 15% y 20%. Se usó 15% Los bloques de concreto sólido con agregados de plástico se pueden usar como bloques de concretos livianos ya que su peso es menor que el de los bloques de concreto comunes.
- García de los Santos et al (2013) El uso del PET reduce el peso específico del bloque, para una sustitución de 40% de gravilla. Este bloque supera al bloque convencional en resistencia a los 7, 15 y 28 días en el caso de la sustitución de 10% y 25%, siendo ideales como mampostería estructural.
- Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017). 20% de copos de plástico de tamaño pequeño y mediano (combinados a 1: 1) más un 80% de arena y una proporción de agua a cemento de 0.5, proporcionó la resistencia a la compresión óptima para formar un bloque de concreto que se puede usar para construir una pared sin carga.

Para fabricación de bloques de concreto con PET adicionado y las especificaciones de las dimensiones del bloque de concreto, se describe la metodología de los siguientes autores:

- Gaggino (2008) utilizó la compactación mecánica y manual del pet triturado sin lavar.

- Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P. utilizó bloques de concreto hueco y sólido con un tamaño de 300 mm X 200 mm X 150 mm.
- Bezerra et al (2010), vibroprensadora hidroneumática, consiste en el lanzamiento de hormigón, consolidación mediante vibración y compactación mecánica mediante varillas con bloques de 9x14x19cm.
- Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khampute (2015), de bloques de concreto con un tamaño de 19cm ,39cm y 7 cm (longitud, ancho y alto), con un hueco de 5 celdas de 4 cm de diámetro, que son similares al bloque comúnmente utilizado en Tailandia

En todos los procesos de fabricación el uso del bloque es a 28 días de curado del bloque.

Tabla 28.

Comparativo de las metodologías utilizadas

Año	Lugar	Autor	Título (Idioma nativo)	Palabras Clave	Ensayos realizados	Normas referenciales	Método del Procesamiento del PET	Metodología utilizada para los bloques de concreto
2018	Japón	Ngoc Kien Bui ,Tomoaki Satomi , Hiroshi Takahashi.	Recycling woven plastic sack waste and PET bottle waste as fiber in recycled aggregate concrete: An experimental study	Recycled aggregate ,concrete Recycled woven plastic, sack fiber, Recycled PET bottle fiber, Mechanical properties, Shear strength, Silica Fume	Propiedades del agregado natural y del agregado reciclado: 1.-Densidad relativa 2.-Densidad aparente 3.-Densidad superficialmente seca 4.-% de absorción Para el agregado grueso, fino, agregado reciclado 1.-Granulometría Ensayos al concreto fresco y endurecido 1.-Asentamiento o Slump. 2.-Resistencia a la compresión. 3.-Resistencia al corte. 4.-Resistencia a la tracción. 5.-Módulo elástico. 6.-Módulo de Poisson.	ASTM C192/C192M-06: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory , concrete, cylinders, laboratory, prisms, strength testing. ASTM C39/C39M-14: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. ASTM C469-02: Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression , chord, poisson's, concrete,cylinders. ASTM C496/C 496 M-04: Standard Test Method for. Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete. ASTM C1202-12 : Standard Test Method for Electrical Indication of Concretes Ability to Resist Chloride Ion Penetration , chloride content, corrosion, deicing chemicals. ASTM C597-09: Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. ASTM C1557-03: Standard Test Method for Tensile Strength and Youngs Modulus of Fibers , tensile strength, young's modulus, single fibers, advanced ceramic. ACI 211.1 (re aprobado de 2009): Diseño de mezclas para concreto convencional. JSCE-G 553-2007 (Estándar japones)	La fibra RPET Y RWS se procesaron, previamente lavando y cortando las botellas, de manera manual de manera en longitudes de 50-60 mm y anchos de 2-3.5 mm, Para el saco de plástico tejido se cortó en longitudes de 50-60 mm y luego se separaron a hacer fibra con un ancho de 2.5-3 mm. Las fibras se limpiaron y secaron a temperatura ambiente. Ngoc Kien Bui ,Tomoaki Satomi , Hiroshi Takahashi. (2018)	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.

2014	Irlanda	Jonathan Taaffe , Seán O'Sullivan , Muhammad Ekhlashur Rahman , Vikram Pakrashi.	Experimental characterisation of Polyethylene Terephthalate (PET) bottle Eco-bricks	Eco-bricks, PET, Compression test, sound insulation assessment, light transmission	1.-Ensayo de compresión de ladrillos de PET (botellas de plástico) 2.-Evaluación de aislamiento acústico de ladrillos de PET (botellas de plástico) 3.-Evaluación de transmisión de luz de ladrillos de PET (botellas de plástico)	No se detallan las normas usadas.	El PET no fue procesado para bloques de concreto, puesto que este estudio se basa en los ensayos para el uso de botellas de PET recicladas en reemplazo a los ladrillos.	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.
2015	China	Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun	Properties of mortar produced with recycled clay brick aggregate and PET	PET Recycled clay brick Mechanical property SEM Durability	Para el ladrillo de arcilla reciclado y para el PET reciclado 1.-Densidad 2.- Punto de fusión 3.-% de absorción Para el ladrillo de arcilla reciclado se realizaron ensayos de granulometría Estos ensayos se realizaron tanto para PET reciclado con polvo de ladrillo de arcilla y también con adición de ceniza 1.-Resistencia a la compresión y flexión del mortero 2.-Resistencia al ataque de sulfato del mortero 3.-Penetración del cloruro en el mortero	ASTM C 109 Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars. American Society for Testing and Materials; 2010 ASTM C 348. Standard test method for flexural strength of hydraulic cement mortars. American Society for Testing and Materials; 2010. ASTM C 642. Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete. American Society for Testing and Materials; 2010. ASTM C1202. Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration USA; 2010.	Triturado en partículas (se compraba en una fábrica). • El primer método es mediante la trituración del PET en partículas y usarlo como sustituto del agregado para producir concreto. Ya que el concreto con PET tiene baja absorción de agua y es ligero, este método es la forma más ecológica de reutilizar PET. La desventaja es que al aumentar el % de PET este reduce propiedades del concreto endurecido como la compresión y la flexión. Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015)	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.

2017	República Checa	Kateřina Nováková, Karel Šepsb, Henri Achtena	Experimental development of a plastic bottle usable as a construction building block created out of polyethylene terephthalate: Testing PET(b)rick 1.0	PET(b)rick Reuse Polyethylene terephthalate Recycling Architecture	1.-Resistencia a la compresión 2.-Pruebas de presión de aire 3.-Pruebas de calor y congelamiento 4.-Prueba de relleno con varios medios	No se detallan las normas usadas.	El PET fue procesado en forma de escamas granulares. El ciclo ideal del PET Reciclado es usando ambos procesos el químico y mecánico.	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.
2016	Bangladesh	Md. Jahidul Islam , Md. Salamah Meherier , A.K.M. Rakinul Islam	Effects of waste PET as coarse aggregate on the fresh and harden properties of concrete	Polyethylene terephthalate Coarse aggregate Compressive strength Unit weight Workability	Cemento: Densidad específica y resistencia a la compresión del mortero de cemento. Agregados de PET, de ladrillo, arena : Gravedad específica, granulométris ,absorción y módulo de fineza. Para el concreto fresco: slump, peso unitario volumétrico. Para el concreto endurecido: resistencia a la compresión.	ASTM C114-04: Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004 ASTM C128-01: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate ASTM C136-01: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, ASTM C127: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate ACI 211.1-91, Standard Practice of Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1: Materials and General Properties of Concrete, Detroit, Michigan, 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Estas botellas luego se lavan antes de pasar a través de una trituradora y se transformó en partículas granulares. • Los copos de PET también se pueden recolectar directamente del reciclaje local plantas. Los copos de PET se ponen en un horno con temperatura que varía entre 280 C y 320 C, y el PET fundido se recoge y enfría para lograr PET solidificado. • Las pilas de PET se trituran usando una máquina trituradora para obtener el tamaño deseado. Los agregados adquiridos eran relativamente más redondos en forma con una superficie más suave comparar a los agregados de ladrillo triturado. Md. Jahidul Islam , Md. Salamah Meherier , A.K.M. Rakinul Islam (2016). 	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.
2014	Colombia	Alejandro David Martínez Amariz Mónica Liliana Cote Jiménez	Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET*	Producción limpia, reciclaje, ladrillos ecológicos, PET, procesos productivos	Resistencia a la Compresión	Norma Técnica Colombiana NTC 673 (Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto)	Según el estudio de Martínez y Cote (2014): <ul style="list-style-type: none"> • Se recolectan y clasifican las botellas PET. • Luego se introducen a la máquina trituradora, para obtener escamas. 	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.

2008	Argentina	Gaggino, Rosana	Ladrillos Y Placas Prefabricadas Con Plásticos Reciclados Aptos Para la Autoconstrucción	Auto-Construcción, Vivienda Económica, Plásticos Reciclados.	Para bloques de concreto con PET <ul style="list-style-type: none"> • Peso específico. • Conductividad térmica • Resistencia mecánica • Absorción de agua • Resistencia al fuego • Permeabilidad al vapor de agua 	Normas IRAM (Norma Argentina)	<ul style="list-style-type: none"> • El material utilizado es de tres tipos: o Pet, procedente de botellas, envases. o Plásticos varios entre ellos LDPE, PVC y BOPP (Polipropileno Biorientado). Gaggino (2008) . o PS. • Los residuos plásticos son triturados con un molino especial y luego es añadido a mezclas cementicias, no se realiza ningún lavado salvo los materiales estén muy contaminados: El bajo requerimiento de limpieza se explica porque los desechos quedan confinados en la masa de un hormigón. Gaggino (2008) . 	<p>La fabricación de bloques de concreto con PET reciclado adicionado sigue la siguiente tecnología:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza el PET triturado, para lo cual se sacan las etiquetas ni tapas a las botellas, el procedimiento de fabricación es igual al de bloques convencionales, con la diferencia que se sustituye los áridos por plástico reciclado. Gaggino (2008) • La mezcla de concreto se coloca en una máquina para fabricar bloques o en moldes tipo manual y se realiza una compactación mecánica manual. Gaggino (2008) • Se desmolda y los elementos deben ser curados con agua en forma de lluvia, o sumergidos en una poza de agua. • Su utilización será a los 28 días de ser fabricados. Gaggino (2008).
2017	India	Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal	To Improve The Properties Of Concrete By Using Straight And Crimped Waste Pet	PET en tiras PET rizado Concreto endurecido Concreto fresco Ensayos al concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Cemento:la gravedad específica (por botella de gravedad específica) • Agregados finos: La densidad aparente y la gravedad específica, Peso de los agregados finos tomados , Módulo de finura de agregados finos . • Agregado grueso: gravedad específica, módulo de finura , Peso de los agregados gruesos , Módulo de finura de agregado. Para las propiedades del concreto en estado fresco : •Trabajabilidad • Resistencia a la compresión, tracción y flexión 	Normas técnicas en India: IS: 8112 – 1989. GRADE ORDINARY PORTLAND CEMENT - SPECIFICATION IS: 383 – 1970. Specification for Coarse and Fine Aggregates. From Natural Sources For Concrete Admixtures ACI SP-153 (1995), “ Fly Ash, Silica Fume, Slag, and Natural Pozzolans in Concrete”, Vol. 1, and Vol. 2, American Concrete Institute, Detroit, U.S.A.	Se procesaron manualmente con una tijera y herramientas de corte. La parte superior e inferior de la botella se separaron y luego las fibras se obtuvieron con la ayuda de tijera manteniendo las secciones transversales requeridas como 60 mm x 2 mm, 110 mm x 2 mm y 140 mm x 2 mm en forma de tiras (recta) y rizada. Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017).	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.

2016	India	Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P	Comparative Study on Waste Plastic Incorporated Concrete Blocks with Ordinary Concrete Blocks	plastic aggregates, partial replacement, coarse aggregates, solid concrete blocks, compressive strength, eco-friendly	<p>Cemento: Gravedad específica, consistencia estándar, tiempo inicial de fraguado.</p> <p>Agregados: Gravedad específica, valor de aplastamiento, tamaño máximo nominal.</p> <p>Agregados plásticos: Gravedad específica, valor de aplastamiento.</p> <p>Para los bloques Resistencia a la compresión Absorción Densidad del bloque</p>	<p>Normas técnicas en India: IS: 383 – 1970. Specification for Coarse and Fine Aggregates. From Natural Sources For Concrete IS 2185 (Part 1):2005, "concrete masonry units — specification, part 1 hollow and solid concrete blocks" IS 2572-2005, “ construction of hollow and solid concrete block masonry — code of practice” IS 456:2000, “Plain and reinforced concrete - code of practice IS : 2386(Part I) – 1963, “Methods of test for aggregate for concrete, particle size and shape”</p>	<p>Para la investigación desarrollada por Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016). Los materiales utilizados para hacer el agregado plástico fueron bolsas de polietileno de desecho y plástico de polietileno de baja densidad (LDPE). El método de procesamiento fue el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se ordenó y se separó de los plásticos laminados. • Se limpiaron para eliminar otras impurezas y se trituraron en pequeñas fracciones. • Se fundieron a una temperatura de 2200 ° C a 2500 ° C y se deja enfriar extendiéndose sobre la superficie del suelo. • Las rocas de plástico de tamaño entre 100 y 120 mm se aplastaron para obtener el tamaño de los agregados. Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016). 	<p>La investigación tuvo como propósito usar agregados de plástico en proporciones variables de 5% a 30% para reemplazar al agregado grueso. El reemplazo se realizó por sustitución volumétrica. Se realizó el siguiente proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las materias primas en proporciones calculadas se mezclaron a fondo en el mezclador de hormigón. • Se prepararon bloques de hormigón conforme a IS 2185: 2005 (Norma de la India sobre unidades de mampostería de concreto, bloques de concreto hueco y sólido) con un tamaño de 300 mm X 200 mm X 150 mm. • Los bloques moldeados se dejaron curar durante 28 días y el curado se realizó rociando agua. • Después del correcto curado, los bloques de concreto se probaron para determinar la resistencia a la compresión, la absorción de agua, la densidad de bloques, el peso y la comparación de costos con los bloques de concreto comunes. Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P (2016).
------	-------	--	---	---	--	--	--	---

2017	Tailandia	Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam	The Development of a Concrete Block Containing PET Plastic Bottle Flakes	concrete block, alternative material, plastic water bottle, compressive strength, mixing ratio	Resistencia a la compresión Absorción	Normas Tailandesas TIS 1505-2541. Autoclaved Aerated Lightweight Concrete Elements. Thai Industrial Standard, 1998. TIS 408-2525. Standard Test Method for Compressive Strength of Concrete Specimens. Thai Industrial Standard, 1982. TIS 58-2533. Standard for Hollow Non-Load-Bearing Concrete Masonry Units. Thai Industrial Standard, 1990. TIS 77-2517. Brick Wall. Thai Industrial Standard, 1974. (TIS 409-2525)	Los copos de plástico triturados y molidos utilizados para formar bloques de hormigón fueron los del mismo tamaño que en los programas tailandeses estándar de reciclaje, que es de 0.5 pulgadas o 1.27 cm. Los métodos que se usaron para seleccionar los copos de plástico dependieron de la malla por la que fueron filtradas, en comparación con otros agregados, los copos de plástico fueron relativamente grandes. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017). Además de comparar los tres tamaños básicos de los copos de plástico, se crearon otras muestras mezclando los tres tamaños. las escamas de plástico tamaño L y M se combinaron para reemplazar el agregado de arena. Mezclando muchos materiales de desecho de agregados gruesos y finos de varios tamaños en la mezcla de concreto no es solo para encontrar la mejor forma de utilizar los materiales de desecho para la máxima eficiencia, sino también para descubrir una resistencia a la compresión aplicable. Por lo tanto, la evaluación del tamaño de la escama incluyó un tipo de tamaño único, L, M, S y un tipo de tamaño mixto (L + M), (L + S), (M + S), (L + M + S). Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).	Según los estudios de Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017), se realizó la fabricación de bloques de concreto de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> • Todas las proporciones de la mezcla de concreto eran en peso, y el volumen de cada bloque era una forma estándar de 7x7x7cm. • Todas las muestras fueron realizadas tres veces. El cemento, la arena y el agua se mezclaron bien antes de agregar los copos de plástico que ayudaron a unir el cemento y los agregados. • El concreto se vertió en el molde. • Luego se dejó secado al sol en un área bien ventilada. • En el experimento, la mezcla se dejó curar durante aproximadamente 28 días. • En la fecha programada, se quitaron los moldes y se pesaron los bloques para calcular la densidad antes de ensayarlos por compresión. Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017).
2012	Portugal	Nabajyoti Saikia, Jorge de Brito	Waste Polyethylene Terephthalate as an Aggregate in Concrete	waste PET bottle, aggregate, concrete	Absorción Resistencia a la compresión Resistencia a flexión Resistencia a la tracción	European Standard – EN. EN 206: Specifications, performance, production, and conformity: Concrete-Part 1. EN; 2000. Euro code – EC. Euro code 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels: CEN; 2004. ASTM C 29/C 29M-97 EN 1097-6	Procesaron el material en una planta, En esta planta de tratamiento de residuos plásticos. Los copos gruesos y fracciones finas se obtuvieron después de la molienda mecánica de residuos de PET seguido de limpieza y separación por métodos fisicoquímicos. Nabajyoti Saikia, Jorge de Brito (2012). <ul style="list-style-type: none"> • El pellet de plástico se produce de escamas de plástico. Este material consiste en predefinido e incluso granos de PET de tamaño uniforme, sin contaminación. • Se estudió el PET en tres presentaciones: Los copos gruesos (PC), la fracción fina (PF) y el plástico pellets (PP) se utilizan como agregado de plástico en la preparación de concreto estructural. Nabajyoti Saikia, Jorge de Brito (2012). 	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.

2010	Brasil	José Bezerra da Silva, Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça, John Kennedy Guedes Rodrigues, Yane Coutinho Lira, Daniel Beserra Costa ,	study of dosage and production of structural blocks in concrete with incorporation of micronized polyethylene terephthalate	Alternative Materials, Micronized PET, Concrete, Structural Blocks.	<ul style="list-style-type: none"> • Agregados <ul style="list-style-type: none"> - Granulometría - Gravedad específica - Peso unitario - Materiales pasantes de la malla n°200 - Absorción • Cemento <ul style="list-style-type: none"> - Gravedad específica, con el método de Le Chatelier - Finura del cemento • Pet <ul style="list-style-type: none"> - Análisis químico - Difracción de rayos X: - Diferencial térmico (DTA) y análisis gravimétrico térmico (TGA): <p>Para el concreto fresco y endurecido</p> <ul style="list-style-type: none"> -slump -Resistencia a la compresión 	<p>Normas Técnicas Brasileiras</p> <p>ABNT NBR 7173:1982: Bloques de concreto simple</p> <p>ABNT NBR 6139/2008: Dosificación y producción de bloques de concreto</p> <p>NBR 6136 (ABNT, 2008): Bloques de concreto simple para albañilería.</p> <p>ABNT NBR 7217:1987: Ensayo de granulometría</p> <p>ABNT NBR 9776:1987: Determinación de la masa específica.</p> <p>ABNT NBR NM 53:2003: Agregado grueso, determinación de la masa específica.</p> <p>ABNT NBR 7251:1982: Agregado en estado suelto, determinación de la masa unitaria.</p> <p>ABNT NBR 7219:1987: Agregados finos , determinación de materiales que pasan por la malla n°200</p> <p>DNER – ME 085/1994: Caracterización física y mecánica del concreto.</p> <p>ABNT NBR 11579:2012: Cemento portland, determinación de la finura.</p> <p>ABNT NBR 67:1998: Determinación de la consistencia por el cono truncado.</p> <p>ABNT NBR NM 53:2003; Densidad, gravedad específica saturada superficialmente seca, gravedad específica aparente, absorción.</p>	PET Micronizado	<p>El proceso de moldeo y consolidación en una industria de bloques de hormigón, utilizando una máquina vibro prensadora hidroneumática, consiste en el lanzamiento de hormigón, consolidación mediante vibración y compactación mecánica mediante varillas, desmoldeo de hormigón, transporte al lugar de almacenamiento, curado inicial y adecuado hora.</p> <p>En esta investigación, una vez que no fue posible producir bloques de hormigón con 39x14x19cm porque la máquina de vibro prensa en el laboratorio tenía un problema y debido a la imposibilidad de moldeado manual, se decidió moldear muestras cilíndricas de 5 cm x 10 cm a las pruebas de caracterización mecánica</p> <ul style="list-style-type: none"> • La consolidación del concreto se hizo manualmente en el molde cilíndrico, dividido en tres capas, cada una de las cuales recibió una energía de compactación de 12 golpes. Las dos primeras capas se consolidaron utilizando una varilla de metal, mientras que la tercera se compactó con un manipulador. Tanto la varilla de metal como el tamper se usaron para simular la consolidación del concreto en máquinas de vibroprensas hidroneumáticas. • La Consolidación simulada de varillas metálicas en mesa vibratoria y compresión mecánica simulada de tamper por varilla de compactación. Este tipo de consolidación se adoptó con el objetivo de expulsar el aire.
------	--------	---	---	---	---	---	-----------------	---

2013	República Dominicana	Emmanuel García De Los Santos Melissa Martínez Mateo Arleen Nina Pérez Ariesp Mejía Suero Alvin Olivo Núñez Benito Morantín Ventura Fannelly Ortiz Irving Roberto Féliz Iyeisys Escorbores	Estudio De Factibilidad Bloques De Hormigón Con Agregado De Residuo Plástico ABS	plástico ABS, disposición de residuos plásticos, desarrollo sostenible, mampostería estructural	Resistencia a la compresión Peso Peso específico	ASTM C33. ASTM C140-09a: Absorción de los agregados ASTM C90-09. Resistencia la compresión	PET TRITURADO Según los estudios de García de los Santos et al (2013), Para la fabricación de los bloques de concreto adicionado, utilizaron una fábrica dedicada a este rubro, utilizaron maquinaria automatizada para la mezcla, llamada “Betonmass”, considerada la más rápida del mundo con unos 10 ciclos por minuto, un sistema de vibración AFC SmartPac con variación de frecuencia y amplitud de vibrado (más moderno en su género) y sistema de curado controlado electrónicamente y automatizado del tipo niebla fría ConCure. Las variables para cada muestra fueron la grava y el PET. García de los Santos et al (2013).	Los porcentajes utilizados fueron: Se fabricaron 380 bloques, los cuales fueron: 96 normales o 0%, 96 de 10%, 94 de 25% y 96 de 40%, se procedió a llevarlos a la cámara de curado, para luego almacenarse bajo techo y ser muestreados aleatoriamente (5 de cada sustitución) para los ensayos de resistencia de 7,14 y 28 días y de absorción luego de 24 horas de inmersión. En la imagen 1se muestra el proceso simplificado. García de los Santos et al (2013).
------	----------------------	---	--	---	--	--	---	---

2014	Argentina	Iris Sánchez Soloaga * , Angel Oshiro ** y Maria Positieri	The use of recycled plastic in concrete. An alternative to reduce the ecological footprint	Recycled, plastic, concrete, ecological, footprint.	<p>Para el cemento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cemento: se usó cemento normal • Densidad relativa: 3,15 <p>Para el aditivo:plastificante</p> <p>Para el Plástico multicapa: el material plástico se clasificó para conocer las características físicas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • densidad relativa: 0.83 kg / dm 3 • Módulo de fineza: 6.18. <p>Para el agregado grueso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizó piedra triturada • Tamaño máximo: 19 mm • Densidad relativa: 2,78 kg / dm 3 • Absorción: 0,75%. <p>Para el agregado fino:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Granulometría • Módulo de finura: 3,11 • Densidad relativa: 2,63 kg / dm 3 • Absorción: 0,9% 	<p>IRAM 50,000.</p> <p>IRAM 1627 (1997): Granulometría</p> <p>IRAM 1536, Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1978). Hormigón Fresco de Cemento Portland. Método de Ensayo de la Consistencia utilizando el tronco de cono.</p> <p>ACI 318M-08, American Concrete Institute (2008).</p> <p>ABNT NBR ISO 14.040, Asociación Brasileña de Normas Técnicas (2009).</p> <p>IRAM 11559, Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1995). Acondicionamiento térmico.</p> <p>Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.</p>	Plástico multicapa forma irregular y angular	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.
------	-----------	--	--	---	--	---	--	---

2015	Tailandia	Werasak Raongjanta , Meng Jingb and Prachoom Khamputc	Lightweight Concrete Blocks by Using Waste Plastic	Concrete blocks, Waste plastic, Compressive strength, Lateral cyclic loading, Shear strength, Block walls.	Gravedad específica Densidad Absorción Resistencia a la compresión	No se detallan las normas usadas.	Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamputc (2015), El plástico fue molido y aplastado por la máquina tenía 4 mm de ancho. EVA (Etileno acetato de vinilo), de plástico es un material extremadamente elástico con excelente dureza. Este material tiene una buena resistencia al agrietamiento por tensión, propiedades adhesivas impermeables flexibles y de fusión en caliente.	Los bloques de concreto livianos moderados, en los que parte del agregado fino fue reemplazado por plástico residual. Seis muestras de pared de gran tamaño se diseñaron y fabricaron mediante el uso de bloques de hormigón de tipo nuevo, y las fuerzas de cizallamiento de las paredes se investigaron mediante una prueba monotónica y cíclica de fuerza lateral. Se analizaron el patrón de falla, la resistencia al corte, la disipación de energía y la capacidad de ductilidad de las paredes. Los resultados de la prueba mostraron que la resistencia al corte de las paredes del bloque de concreto disminuyó con el aumento de la proporción de plástico, mientras que la ductilidad aumentó. Se concluye que los bloques moderados de hormigón liviano presentaron buenas propiedades mecánicas apropiadas para el uso en la construcción. Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamputc (2015).
2013	Argentina	BERRETT A Horacio, ARGUELL O Ricardo, GATANI Mariana, GAGGINO Rosana.	NUEVOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN: LOS PLÁSTICOS RECICLADOS	Nuevo materiales Reciclaje Plástico reciclado	Resistencia a la compresión Absorción	Normas Argentinas IRAM 11561: Absorción	El PET es reciclado mediante un proceso muy simple y barato pues no necesita estar limpio, puede contener tierra, arenillas, etc. sin afectar por ello sus buenas propiedades. Los envases de PET son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de envases de otro tipo (PP, PVC, etc.). Berreta et al (2013). A diferencia de otros procedimientos de reciclado conocidos, no se necesitan piletones de lavado ni separadores de distintos plásticos por flotación u otros medios físicos. Se evita el enterramiento y/o quema de estos materiales evitando focos de contaminación. Berreta et al (2013).	No se detalla el proceso de fabricación de los bloques

2017	Colombia	RAÚL OMAR DI MARCO MORALES HUGO ALBERTO LEÓN TÉLLEZ	LADRILLOS CON ADICION DE PET.	Residuos sólidos, Bloque macizo, PET reciclado, Resistencia, Absorción.	densidad del cemento hidráulico Finura Blaine del cemento Consistencia normal del cemento: Densidad y absorción del agregado fino. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino Granulometría del agregado fino. Absorción del agua de ladrillos. Resistencia a la compresión de ladrillos	NTC 221: densidad del cemento hidráulico NTC 33: Finura Blaine NTC 110: Consistencia normal del cemento: NTC 176: Densidad y absorción del agregado fino. NTC 92: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino NTC 174: Granulometría del agregado fino. NTC 2017: Absorción del agua de ladrillos. ASTM C 109: Resistencia a la compresión de ladrillos	Para la fabricación de los diferentes especímenes, el PET a utilizar fue el resultado de la trituración de envases plásticos en una máquina que lo deja en hojuelas que pasan el tamíz de $\frac{3}{4}$ " y retenidos en la Malla No. 4. Di Marco y León (2017).	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.
2003	Argentina	Gaggino, Rosana	Nueva tecnología constructiva usando materiales reciclados para casos de emergencia habitacional	Vivienda de emergencia, vivienda económica, placas, construcción, plástico reciclado	No se detallan las normas usadas.	No se detallan las normas usadas.	Para la fabricación de los diferentes especímenes, el PET a utilizar fue el resultado de la trituración de envases plásticos en una máquina que lo deja en hojuelas que pasan el tamíz de $\frac{3}{4}$ " y retenidos en la Malla No. 4. Gaggino (2003). Según el estudio de Gaggino (2003), se utilizó Poliestireno Expandido (PS), papeles plásticos, residuos de industrias. Son principalmente de BOPP (Polipropileno biorientado), PVC (Cloruro de polivinilo) y PE (Polietileno de baja densidad). Las láminas de BOPP, PVC y PE se trituran con una máquina para obtener partículas con las siguientes dimensiones: 3 – 8 mm. x 3 - 8 mm., espesor: 0,1 mm. Las partículas son sometidas a un pre-tratamiento de calor, utilizando un soplete con fuego con el fin que adquieran una forma arrugada similar a una cascarita. Este pre-tratamiento aumenta la resistencia mecánica, porque mejora la adherencia de los plásticos a la mezcla cementicia. Se le añade agua, todos los plásticos reciclados utilizando las siguientes proporciones: 1 -2 partes de BOPP, PVC y PE, y 1 -2 partes de PS por cada parte de cemento, en proporción de volúmenes. Luego Se coloca en los moldes, se cura y se retira los moldes las placas. Gaggino (2003).	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.

2016	Oman	Sina Safinia*, Amani Alkalbani	Use of recycled plastic water bottles in concrete blocks	concrete blocks, plastic bottles, recycled materials	Resistencia a la compresión Densidad	ASTM C140 Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens and for concrete design mix was followed BS standard STM Standard C1552, 2012 (2014), “Standard Practice for Capping Concrete Masonry Units, Related Units and Masonry Prisms for Compression Testing.” ASTM International, West Conshohocken, PA	El tamaño del bloque de hormigón con botellas de plástico que se utiliza en este estudio es de 200 mm de ancho por 200 mm de alto por 400 mm de largo. . Las botellas de plástico crearán los vacíos en el ladrillo alrededor de ocho botellas horizontales (500 ml). Sina Safinia*, Amani Alkalbani (2016).	No se detalla el proceso de fabricación de los bloques
2015	México	Alejandro Santiago Miguel María del Rocío Santamaría-Cuellar Georgina Contreras-Santos Víctor Manuel Guerrero-García Ana María Hernández-Alcántara	Diseño y elaboración de adoquines de pet reciclado	pet, adoquín, propiedades físicoquímicas, reciclado, medio ambiente.	Resistencia a la compresión	Normas mexicanas NMX-C-314-ONNCCE-2014, “Industria de la Construcción-Mampostería-Adoquines para uso en Pavimentos-Especificaciones y Métodos de Ensayo”	No se detalla	Este artículo , no hace referencia a la metodología para la elaboración de los bloques de concreto.

Fuente : Elaboración propia.

4.2 CONCLUSIONES

- Se describieron las metodologías para el uso de plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques en la industria de la construcción a partir de 20 referencias bibliográficas, propias de artículos científicos. Se realizó una descripción de las metodologías en el Cap III las cuales fueron analizadas en el Cap IV de las que se encontró solo 08 referentes a la fabricación de bloques de concreto con plástico incorporado y de las cuales solo 06 hacen referencias al pet reciclado. De las cuales se tiene lo siguiente:
 - Revisión de antecedentes bibliográfico para determinar los métodos de procesamiento del pet y los rangos porcentajes.
 - Determinar la fuente de extracción de los agregados y del OET reciclado.
 - Realizar el procesamiento del PET (triturado mecánico en hojuelas, escamas o copos).
 - Estudiar las propiedades y realizar ensayos a los materiales componentes del concreto y el pet.
 - Realizar el diseño de mezclas estableciendo % de PET y relaciones agua cemento en base a las propiedades estudiadas y al comportamiento del concreto.
 - Realizar los ensayos al concreto fresco y endurecido.
 - Fabricación de bloques de concreto
 - Curado, desmoldamiento y uso de los bloques.
- Según la revisión bibliográfica se concluye que si es viable la incorporación del PET al concreto para la fabricación de bloques.

De las Propiedades, ensayos y diseño de mezclas para el concreto con PET adicionado

Ensayos al cemento:

El peso específico del cemento oscila entre 3.13-3.15 KG/M3.

Ensayos al agregado grueso:

- Densidad relativa o gravedad específica
- Densidad aparente
- Densidad superficialmente seca

- % de absorción
- Granulometría
- módulo de fineza

Ensayos al agregado fino:

- Densidad relativa o gravedad específica
- Densidad aparente
- Densidad superficialmente seca
- % de absorción
- Granulometría
- módulo de fineza

Agua: Potable.

Ensayos al PET:

- módulo de fineza.
- Absorción
- Gravedad específica

Ensayos al concreto fresco:

- asentamiento o slump
- Ensayos al concreto endurecido:
- resistencia a la compresión

Los rangos de relación agua cemento según el análisis bibliométrico son: 0.42-0.45.

- Describir las propiedades y características del plástico reciclado como adición al concreto para la fabricación de bloques se tienen:
 - Propiedades:
 - material liviano.
 - alto rendimiento a prueba de agua
 - alta durabilidad
 - buena propiedades mecánicas y eléctricas
 - densidad relativamente baja
 - Características:
 - El PET presenta baja resistencia a la compresión del hormigón independientemente de la consistencia de la relación agua-cemento.

- Reducen el peso propio del concreto debido a su bajo peso unitario.
 - la reutilización residuos de botellas de PET es muy utilizada como agregados en morteros y compuestos de hormigón
 - Es 100% reciclado.
- Los rangos de PET reciclado como adición a los bloques de concreto utilizados están en un rango de 5%-20%. Y la forma de presentación recomendada en base al análisis bibliométrico es usar el pet triturado en forma de hojuelas, copos o escamas ya que según los estudios se adhieren más a la mezcla de concreto.

4.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio a profundidad de los métodos de fabricación de bloques de concreto sin adición y comparar las diferencias con las consideraciones de la fabricación de bloques con materiales adicionados
- Se recomienda realizar los ensayos experimentales de la adición del PET reciclado al concreto para tener un rango de % de plástico reciclado más preciso.
- Investigar sobre nuevas tecnologías que sustituyan el % de agregados en las mezclas de concreto para la fabricación de bloques.
- Difundir el uso de bloques de concreto, ya que en Arequipa son usados ladrillos de arcilla en mayor porcentaje para tabiquería.
- Realizar una clasificación mediante un análisis más detallado de todas las metodologías para la investigación de nuevos materiales.
- Se recomienda realizar un estudio de factibilidad, comparando costos y beneficios para la construcción de una planta procesadora de pet reciclado en Arequipa y de una planta para la fabricación de bloques de concreto.
- Se recomienda usar tesis y bibliografía peruana para la determinación de los componentes del concreto y el método de procesamiento del PET reciclado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, H., Vásquez A. y Ramírez, D. (2012, 13 de mayo). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. Revista Universidad Nacional de Colombia. Volumen 15.105-118. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825/39307>
- Aguirre, D. (2013). El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Alejandro David Martínez Amariz y Mónica Liliana Cote Jiménez. (2014). Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET. INGE CUC, Vol. 10, N° 2, pp 76-80, Diciembre, 2014.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 30 de abril del 2018 de https://es.wikipedia.org/wiki/American_Association_of_State_Highway_and_Transportation_Officials
- American Concrete Institute (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 06 de enero del 2018 de https://es.wikipedia.org/wiki/American_Concrete_Institute
- Arrieta, J., y Peñaherrera, E. Programa Científico PC – CISMID. (2001). Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora. Recuperado de: http://www.cismid-uni.org/publicaciones/download/2-publicaciones/14_fabricacion-de-bloques-de-concreto-con-una-mesa-vibradora
- ASOCEM-Asociación de Productores de Cemento. (2016). Los cementos adicionados en el Perú. Lima, Perú. ASOCEM. Recuperado de: <http://www.asocem.org.pe/productos-a/los-cementos-adicionados-en-el-peru>
- ASTM. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 23 de mayo del 2018 de <https://es.wikipedia.org/wiki/ASTM>
- Bedoya, L. (2003). El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

- Berreta et al. (2013). Nuevos materiales para la construcción: los plásticos reciclados. Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE, Instituto de Investigación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina – CONICET.
- Bezerra et al. (2010). Study of dosage and production of structural blocks in concrete with incorporation of micronized polyethylene terephthalate. Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, Paraíba, Brazil
- Caballero, A., Abella, J., y Rodríguez, E. (2014). Características y propiedades de los plásticos reciclables. Colombia. Slideshare. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/stivensanabria16/caractersticas-y-propiedades-de-los-plsticos-reciclables>
- Caballero, B., y Florez, O. (2016). Elaboración de bloques de cemento reutilizando el plástico polietilen-tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción (Tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Colombia.
- Calchy, A. (2008). Estudio para la fabricación de tabiques de plástico (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México D.F, México.
- Cañola, H., y Echeverría, C. (2017, diciembre). Bloques de concreto con aditivos bituminosos para sobrecimiento. Revista Ingeniería y Desarrollo, Vol 35(2), pp. 491-512. Recuperado de: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/8932/10172>
- Chang Y., Ries R.J. and Wang Y. (2011), The quantification of the embodied impacts of construction projects on energy, environment, and society based on I- O LCA. Energy Policy, 39(10), 6321-6330.
- Di Marco y León. (2017). Ladrillos con adición de PET. 5to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables - Sociedad y Desarrollo y 1er Encuentro Internacional de estudiantes de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables.
- Echeverría, E. (2017). Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

- Enciclopedia de Características (2017). "Plástico". Recuperado de: <https://www.caracteristicas.co/plastico/>
- Enshassi1, A., Kochendoerfer, B., y Rizq, E. (2014, 30 de noviembre). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista de Ingeniería de Construcción*, Vol 29 n°3, 234-254. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000300002
- Febres, A. (2017). Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Fuente, N., Fragozo, O., y Vizcaino, L. (2015, 04 de septiembre). Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural. *Revista de Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, Vol 25(2), pp. 99-116. Recuperado de: <https://doi.org/10.18359/rcin.1434>
- Gaggino, R. (2003). Nueva tecnología constructiva usando materiales reciclados para casos de emergencia habitacional. *Revista INVI* Vol. 18. N° 47. PP 122-134.
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *Revista INVI*, Vol 23 N°063, pp. 137-163.
- Gangolells M., Casals M., Gassó S., Forcada N., Roca X. and Fuertes A. (2011), Assessing concerns of interested parties when predicting the significance of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. *Building and Environment*, 46(5):1023-1037.
- García de los Santos et al. (2013). Estudio De Factibilidad Bloques De Hormigón Con Agregado De Residuo Plástico ABS. *International Competition of Student Posters and Paper*, August 14 - 16, 2013 Cancun, Mexico.
- Garcés, L. (2004). Hormigón de aserrín (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Instituto Nacional de La Calidad –INACAL (2016). Normas Técnicas Peruanas (NTP). Recuperado de: <http://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

- Jonathan Taaffe , Seán O’Sullivan , Muhammad Ekhlashur Rahman , Vikram Pakrashi. (2014). Experimental characterisation of Polyethylene Terephthalate (PET) bottle Eco-bricks. *Materials and Design* 60 (2014) 50–56.
- Kateřina Novákováa, Karel Šepsb, Henri Achtena. (2017). Experimental development of a plastic bottle usable as a construction building block created out of polyethylene terephthalate: Testing PET(b)rick 1.0. *Journal of Building Engineering* 12 (2017) 239–247.
- Lamb, C., y Ramírez, M. (2008, 17 de diciembre). Elaboración Industrial de bloques de concreto empleando ceniza volante. *Revista Investigaciones Aplicadas Vol 4*, pp. 8-15. Recuperado de: <http://convena.upb.edu.co/revistaaplicada>
- Md. Jahidul Islam , Md. Salamah Meherier , A.K.M. Rakinul Islam. (2016). Effects of waste PET as coarse aggregate on the fresh and harden properties of concrete. *Construction and Building Materials* 125 (2016) 946–951.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de ensayo de materiales. Primera edición. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) Primera Edición. Lima. Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento. (2014). Perú hacia la Construcción Sostenible en escenarios de Cambio Climático. Recuperado de: http://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/edicion_final_estudio_constrconstr_sostenible.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Finura del cemento por medio de la malla n°200. MTC E 604 (2016). Pág. 701.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Consistencia normal del cemento. MTC E 605 (2016). Pág. 702.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Tiempo de fraguado del cemento portland (Método de Vicat). MTC E 606 (2016). Pág. 705.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Densidad del cemento portland (Frasco de Le Chatelier). MTC E 610 (2016). Pág. 728.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Peso unitario y vacíos de los agregados. MTC E 203 (2016). Pág. 298.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Análisis granulométrico de agregados grueso y finos. MTC E 204 (2016). Pág. 303.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Gravedad específica y absorción de agregados finos. MTC E 205 (2016). Pág. 309.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Peso específico y absorción de agregados gruesos. MTC E 206 (2016). Pág. 312.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado. MTC E 215 (2016). Pág. 361.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos. MTC E 704 (2016). Pág. 789.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Asentamiento de concreto slump. MTC E 705 (2016). Pág. 801.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Contenido de aire en el concreto fresco método de presión. MTC E 706 (2016). Pág. 804.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Peso unitario de producción (rendimiento) y contenido de aire (gravimétrico). MTC E 714. Pág. 840.

- Molina, S., Vizcaino, A., y Ramírez, F. (2007). Estudio de las características físico-mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el Municipio de Acacías (Meta), (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Monroy, A. (1999). Integración de aserrín en la fabricación de bloques de concreto (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, México.
- Morales, M. (2016). Estudio del comportamiento del concreto incorporando PET reciclado (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Nabajyoti Saikiaa, Jorge de Brito (2012). Waste Polyethylene Terephthalate as an Aggregate in Concrete. 16(2): 341-350.
- Ngoc Kien Bui ,Tomoaki Satomi , Hiroshi Takahashi.(2018). Recycling woven plastic sack waste and PET bottle waste as fiber in recycled aggregate concrete: An experimental study. Waste Management 78 (2018) 79–93
- Paz, E. (2014). Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- PRAL-Programa Regional de Aire Limpio. (2009). Caso de estudio. Detrás de los ladrillos: una gestión integral para el sector informal. Recuperado de <https://www.swisscontact.org/es/country/peru/recursos/biblioteca.html>
- PRAL-Programa Regional Aire Limpio, Swisscontact- Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE, Asociación de Comunicadores Sociales CALANDRIA” Experiencias en el Sector ladrillero Artesanal en las Ciudades de Arequipa y Cusco” (2008).
- Praveen Mathew, Ambika K P, Pavithra Prakash, Tony Barried, Varsha P. (2016). Comparative Study on Waste Plastic Incorporated Concrete Blocks with Ordinary Concrete Blocksp-ISSN: 2395-0072.
- Sánchez et al. (2014). The use of recycled plastic in concrete. An alternative to reduce the ecological footprint. Revista de la Construcción. PP 19-26.

- Santiago et al. (2015). Diseño y elaboración de adoquines de pet reciclado. Ideas en Ciencia Año 24, Núm. 44 Pag 7-18.
- Shen L.Y., Lu W. S., Yao H. and Wu D. H. (2005), A computer-based scoring method for measuring the environmental performance of construction activities. Automation in Construction, 14(13): 297-309.
- Sina Safinia, Amani Alkalbani (2016). Use of recycled plastic water bottles in concrete blocks. Procedia Engineering 164 (2016) 214 – 221.
- Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam. (2017). The Development of a Concrete Block Containing PET Plastic Bottle Flakes. Vol. 10, No. 6; 2017
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2009), Environmental Assessment of the Gaza Strip.
- Vikram Singh, Ravinder Kumar, Dr. Neeru Singla, Vedpal (2017). To improve the properties of concrete by using straight and crimped waste pet. Volumen 02. PP. 76-85.
- Zhi Ge, Hongya Yue, Renjuan Sun (2015). Properties of mortar produced with recycled clay brick aggregate and PET. Construction and Building Materials 93 (2015) 851–856.
- Zolfagharian S., Nourbakhsh M., Irizarry J., Ressang A. and Gheisari M. (2012), Environmental impacts assessment on construction sites. Construction Research Congress 2012: 1750-1759.
- Werasak Raongjanta, Meng Jingb and Prachoom Khamputc. (2015). Lightweight Concrete Blocks by Using Waste Plastic. Vol 9. N°43.